

**Охрана окружающей среды и природопользование. Недра**

**ПРАВИЛА ПРОВЕДЕНИЯ МАЛОГЛУБИННЫХ  
СЕЙСМОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ**

**Ахова навакольнага асяроддзя і прыродакарыстанне. Нетры**

**ПРАВИЛЫ ПРАВЯДЗЕННЯ МАЛАГЛЫБІННЫХ  
СЕЙСМАРАЗВЕДАЧНЫХ РАБОТ**

**Издание официальное**



**Минприроды**

**Минск**

**Ключевые слова:** сейсморазведка, сейсмические волны, метод отраженных волн, метод преломленных волн, вертикальное сейсмопрофилирование, малоглубинная сейсморазведка, системы наблюдения, высокоразрешающая сейсморазведка на поперечных волнах

---

## Предисловие

Цели, основные принципы, положения по государственному регулированию и управлению в области технического нормирования и стандартизации установлены Законом Республики Беларусь «О техническом нормировании и стандартизации».

Цели, основные принципы, положения по государственному регулированию и управлению техническим нормированием и стандартизацией в области охраны окружающей среды установлены Законом Республики Беларусь «Об охране окружающей среды».

1 РАЗРАБОТАН Республиканским унитарным предприятием «Научно-производственный центр по геологии»

ВНЕСЕН Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь

2 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от «31» декабря 2013 г. № 13-Т

3 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Настоящий технический кодекс не может быть воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь

---

## Содержание

1	Область применения .....	1
2	Нормативные ссылки .....	1
3	Термины и определения .....	1
4	Обозначения и сокращения .....	2
5	Общие положения .....	3
5.1	Цели, задачи и методы малоглубинной сейсморазведки .....	3
5.2	Основополагающие документы на проведение сейсморазведочных работ .....	3
6	Проектирование сейсморазведочных работ .....	4
6.1	Общие положения о проектировании сейсморазведочных работ ...	4
6.2	Сейсморазведочные работы .....	4
6.3	Вертикальное сейсмическое профилирование .....	4
7	Методика и проведение полевых сейсморазведочных работ .....	5
7.1	Организация работ сейсморазведочной партии (отряда), отчетность .....	5
7.2	Первичные полевые материалы, их документация и приемка .....	5
7.3	Сейсморазведочная аппаратура и оборудование .....	6
7.4	Возбуждение волн .....	7
7.5	Прием колебаний .....	7
7.6	Опытные работы .....	8
7.7	Сети наблюдений .....	8
7.8	Системы наблюдений .....	8
7.9	Сейсмические наблюдения в буровых скважинах .....	9
7.10	Контроль качества полевых сейсмических работ .....	10
7.11	Топографо-геодезические работы .....	10
8	Обработка сейсморазведочных материалов .....	10
8.1	Граф обработки .....	11
8.2	Распознавание и корреляция волн .....	11
8.3	Специфика обработки данных ВСП .....	12
8.4	Оценка точности построения границ .....	12
9	Интерпретация сейсмических материалов .....	12
10	Составление и сдача окончательного отчета по результатам сейсморазведочных работ .....	13
10.1	Общие положения .....	13
10.2	Структура отчета .....	13
10.3	Содержание отчета .....	13
11	Охрана окружающей среды при проведении сейсморазведочных работ....	13
	(обязательное) Форма журнала сейсмических наблюдений .....	15
	(справочное) Скорость упругих волн в различных грунтах.....	16
	(справочное) Отражение и преломление волн.....	17
	(справочное) Схема возбуждения P- и SH-волн.....	18
	(справочное) Системы встречных и нагоняющих годографов .....	19
	(справочное) Система наблюдений на обобщенной плоскости .....	20
	(справочное) Сейсморазведочная аппаратура .....	21
	Библиография .....	22

**ТЕХНИЧЕСКИЙ КОДЕКС УСТАНОВИВШЕЙСЯ ПРАКТИКИ****Охрана окружающей среды и природопользование. Недра  
ПРАВИЛА ПРОВЕДЕНИЯ МАЛОГЛУБИННЫХ СЕЙСМОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ****Ахова навакольнага асяроддзя і прыродакарыстанне. Нетры  
ПРАВІЛЫ ПРАВЯДЗЕННЯ МАЛАГЛЫБІННЫХ СЕЙСМАРАЗВЕДАЧНЫХ РАБОТ**

Environmental protection and nature use. Subsoil  
Rules Precision of shallow seismic work

**Дата введения 2013-12-01**

**1 Область применения**

Настоящий технический кодекс установившейся практики (далее – ТКП) устанавливает правила проведения малоглубинных сейсморазведочных работ, выполняемых для детального изучения упругих свойств верхней части геологического разреза с целью решения задач геологического картирования, оценки состояния и свойств горных пород, изысканий для строительства, отвечающие современному уровню техники полевых измерений, обработки и интерпретации полевых материалов.

Требования настоящего ТКП обязательны для исполнения на территории Республики Беларусь всеми субъектами хозяйствования при проведении малоглубинных сейсморазведочных работ.

**2 Нормативные ссылки**

В настоящем ТКП использованы ссылки на следующие технические нормативные правовые акты в области технического нормирования и стандартизации (далее – ТНПА):

ТКП 17.04-16-2009 (02120) Охрана окружающей среды и природопользование. Недра. Правила построения, изложения и оформления отчета о геологическом изучении недр

ТКП 17.04-24-2010 (02120) Охрана окружающей среды и природопользование. Недра. Правила производства топографо-геодезического обеспечения геологоразведочных работ

ТКП 17.04-26-2011 (02120) Охрана окружающей среды и природопользование. Недра. Правила проведения сейсморазведочных работ

ГОСТ 16821-91 Сейсморазведка. Термины и определения

Примечание – При пользовании настоящим ТКП целесообразно проверить действие ТНПА по каталогу, составленному по состоянию на 1 января текущего года и по соответствующим информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочные ТНПА заменены (изменены), то при пользовании настоящим ТКП следует руководствоваться замененными (измененными) ТНПА. Если ссылочные ТНПА отменены без замены, то положение, в котором дана ссылка на них, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

**3 Термины и определения**

В настоящем ТКП применяют термины, установленные [1] – [7], а также следующие термины с соответствующими определениями:

**3.1 волна сейсмическая:** Упругая волна в геологической среде.

**3.2 волна сейсмическая поперечная; S-волна:** Сейсмическая волна, за фронтом которой колебания частиц среды происходит в направлении, перпендикулярном к направлению ее распространения.

**3.3 волна сейсмическая продольная; P-волна:** Сейсмическая волна, за фронтом которой колебания частиц среды происходит в направлении ее распространения.

**3.4 граф обработки (сейсмической информации):** Последовательность процедур преобразования и анализа сейсмической информации в процессе ее обработки.

**3.5 инженерная сейсморазведка:** исследование геологического строения верхней части геологического разреза, грунтов (Глубины от 3-5 до 30-50 м). Как правило, применяется при инженерно-геологических изысканиях под- и при строительстве.

**3.6 малоглубинная сейсморазведка:** Исследование геологического строения верхней части геологического разреза (Глубины – первые сотни метров).

**3.7 метод отраженных волн; МОВ:** Метод сейсмической разведки, основанный на использовании отраженных волн.

**3.8 метод преломленных волн; МПВ:** Метод сейсморазведки, основанный на использовании преломленных волн (головных и рефрагированных).

**3.9 метод сейсмической разведки:** Метод исследования геологического строения земной коры, основанный на изучении распространения в ней сейсмических волн определенного типа.

**3.10 профилирование сейсмическое вертикальное; ВСП:** Способ сейсморазведки, основанный на использовании волнового поля, полученного при расположении источников возбуждения на поверхности, а сейсмоприемников по стволу буровой скважины

**3.11 профиль сейсмический:** Линия на поверхности Земли, вдоль которой проводится сейсмическая разведка.

**3.12 сейсмическая разведка (сейсморазведка):** Исследование геологического строения земной коры, основанное на изучении распространения в ней упругих волн.

**3.13 сейсмическое микрорайонирование, СМР:** Раздел инженерной сейсмологии, задачей которого является уточнение данных сейсмического районирования и степени сейсмической опасности на застраиваемых территориях

**3.14 сейсмоприемник (синоним геофон):** Прибор, воспринимающий сейсмические колебания и преобразующий их в электрическое напряжение.

**3.15 система наблюдений:** Взаимное расположение на сейсмическом профиле или площади наблюдений пунктов возбуждения и приема сейсмических колебаний.

**3.16 SH-волна:** Плоская гармоническая горизонтально поляризованная волна сдвига.

**3.17 SV-волна:** Плоская гармоническая вертикально поляризованная волна сдвига.

#### 4 Обозначения и сокращения

В настоящем ТКП применяются следующие обозначения и сокращения:

**ВСП** – Вертикальное сейсмическое профилирование

**ВСПВ** – Высокоразрешающая сейсморазведка на поперечных волнах

**МОВ** – Метод отраженных волн

**МПВ** – Метод преломленных волн

**ОГТ** – Общая глубинная точка

**ОТВ** – Общая точка возбуждения

**ПВ** – Пункт возбуждения

**ПП шаг** – Расстояние между приемниками

**ПП** – Пункт приема

**СМР** – Сейсмическое микрорайонирование

**СП** – Сейсмоприемник

**СРР** – Сейсморазведочные работы

## **5 Общие положения**

### **5.1 Цели, задачи и методы малоглубинной сейсморазведки**

**5.1.1** Малоглубинная сейсморазведка предназначена для решения широкого круга геологических, инженерно-геологических, гидрогеологических и специальных задач и основана на выявлении особенностей распространения упругих волн для изучения геологического строения и физико-механических свойств грунтов.

**5.1.2** Для достижения высокой детальности исследуемого геологического разреза проводится комплекс измерений малоглубинной сейсморазведкой с использованием методов, современной техники и технологий, обеспечивающих требуемую точность.

**5.1.3** В зависимости от типа используемых волн основные методы сейсмической разведки подразделяются на:

- МОВ;
- МПВ.

В свою очередь МОВ и МПВ подразделяются на:

- моноволновые методы, основанные на регистрации волн одного типа (продольных, поперечных или обменных);
- многоволновые методы, предусматривающие совместное использование волн различных типов.

В малоглубинной сейсморазведке используются в основном преломленные (головные и рефрагированные) и отраженные продольные и поперечные волны.

**5.1.4** Для работ на продольных отраженных волнах наиболее благоприятен летний период проведения полевых СРР, а для работ на отраженных поперечных SH-волнах (методика ВСРВ [6]), соответственно, наиболее благоприятен зимний период проведения полевых СРР (Наличие мерзлых пород у поверхности земли).

**5.1.4** Малоглубинная сейсморазведка в зависимости от решаемых задач и инженерно-геологических условий может применяться либо самостоятельно, либо в сочетании с другими геофизическими и инженерно-геологическими методами.

### **5.2 основополагающие документы на проведение сейсморазведочных работ**

**5.2.1** СРР проводятся в соответствии с проектной документацией, прошедшей в установленном порядке государственную геологическую экспертизу проектной документации на геологическое изучение недр и утвержденной Заказчиком.

**5.2.2** Составной частью проектной документации является геологическое задание, которое должно состоять из следующих разделов:

- целевое назначение работ по геологическому изучению недр, пространственные границы объекта геологического изучения недр, основные оценочные параметры;
- геологические задачи, последовательность и методы их решения;
- ожидаемые результаты и сроки выполнения работ;
- формы отчетной документации и порядок представления результатов работ Заказчику и в государственный геологический фонд.

**5.2.3** Заказчик вправе контролировать процесс, качество и сроки проведения работ Исполнителем в порядке, установленном в заключенном между ними договоре на выполнение СРР.

## **6 Проектирование сейсморазведочных работ**

### **6.1 Общие положения о проектировании сейсморазведочных работ**

**6.1.1** Проектирование СРР осуществляется на основе геологического задания, Заказчика на конкретный объект.

**6.1.2** На каждое геологическое задание составляется единая проектная документация в соответствии с [3], в которой предусматриваются все необходимые виды работ, входящие составной частью в проектируемый комплекс исследований.

Название проектной документации должно соответствовать геологическому заданию и отражать наименование объекта и стадии СРР.

**6.1.3** Проект представляет развернутое задание на проведение СРР и состоит из двух частей – геолого-методической и производственно-технической.

В проекте должны быть обоснованы и определены методика, техника, технология, оборудование, организация СРР и связанных с ними работ, которые необходимо провести для выполнения геологического задания.

**6.1.4** Для размещения проектных сейсмических профилей и обеспечения последующей точной привязки пунктов геофизических наблюдений должны использоваться топографо-геодезические данные.

**6.1.5** При необходимости четкой стыковки проектных профилей и профилей прошлых лет в качестве исходных геодезических пунктов должны использоваться закрепленные точки, установленные в предшествующий период.

**6.1.6** В соответствии с законодательством необходимо провести согласования с землепользователями и другими заинтересованными организациями, объекты которых расположены в районе работ (трубопроводы, электролинии, кабели, мелиоративные системы, леса и т.д.).

### **6.2 Сейсморазведочные работы**

**6.2.1** Малоуглубинная сейсморазведка по отдельным направлениям (профилям) или по сети профилей предназначена для решения следующих геологических, инженерно-геологических, гидрогеологических и специальных задач:

- определение глубины залегания, коренных пород;
- расчленения разреза на отдельные литологические однородные слои;
- определения глубины залегания уровня грунтовых вод;
- оконтуривания оползневых участков;
- установления и прослеживания тектонических нарушений, зон повышенной трещиноватости и закарстованности;
- выявления и оконтуривания отдельных пустот естественного и искусственного происхождения;
- оценки физико-механических свойств грунтов в естественных условиях (модуля упругости Юнга, коэффициента Пуассона, модуля деформации, динамического модуля сдвига, удельного сцепления и т.д.);
- решения задач СМР.

**6.2.2** Поставленные геологические задачи, где указаны тип, предполагаемые параметры и глубина (интервал), залегания изучаемых объектов, определяют:

- метод (модификацию);
- детальность (точность);
- глубинность исследований.

### **6.3 Вертикальное сейсмическое профилирование**

ВСП в малоуглубинной сейсморазведке используются для:

- изучения волнового поля во внутренних точках среды;
- привязки отраженных волн, наблюдаемых при регистрации на поверхности земли;

- установления связей между кинематическими и динамическими характеристиками различных типов волн и физическими свойствами разреза.

## **7 Методика и проведение полевых сейсморазведочных работ**

### **7.1 Организация работ сейсморазведочной партии (отряда), отчетность**

**7.1.1** В состав структурного подразделения по выполнению малоуглубинных СРР должны входить специалисты по количеству и квалификации достаточные для проведения полевых работ, первичной обработки материалов, оценки и контроля качества получаемых данных.

**7.1.2** Содержание и сроки соответствующих периодов определяются проектной документацией на проведение СРР.

**7.1.3** Началом организационного периода является дата издания приказа о назначении ответственных работников за полевые и камеральные работы.

**7.1.4** В организационный период проводится работа по организации базы полевой партии (отряда) и комплектование ее соответствующими специалистами.

**7.1.5** Готовность партии (отряда) к проведению полевых работ оформляется актом проверки готовности сейсморазведочной партии (отряда) к полевым работам в соответствии с [4].

**7.1.6** Началом полевых работ считается день получения первых сейсмических записей, которые можно использовать для решения геологических или методических задач.

Окончанием полевых работ считается оформление Акта окончательной приемки.

**7.1.7** В случае отклонения фактических условий ведения полевых работ от проектных в Акте квартальной (окончательной) приемки отражается причина отклонения от проекта.

**7.1.8** Продолжительность ликвидационных работ устанавливается проектом на проведение СРР.

**7.1.9** При проведении круглогодичных работ дополнительно к перечисленным в 7.1.2 периодам можно установить внутриорганизационный период (межсезонный ремонт техники), длительность и содержание которого определяются проектом на проведение СРР на основании расчетов.

**7.1.10** Начало камерального периода определяется календарным планом.

Ликвидационный и камеральный периоды могут частично перекрывать друг друга.

**7.1.11** В камеральный период проводится окончательная обработка, интерпретация полученных материалов, составление отчета о проведенных работах, защита отчета на НТС, сдача его Заказчику и в Государственный геологический фонд.

### **7.2 Первичные полевые материалы, их документация и приемка**

**7.2.1** Первичными полевыми материалами являются электронные носители информации с записью полевых наблюдений и контрольно-тестовой информации (сейсмограммы).

**7.2.2** Приемка полевых материалов проводится с целью определения объемов и качества выполненных работ.

**7.2.3** Оценка полевых материалов проводится по балльной системе: хорошо, удовлетворительно и неудовлетворительно.

С оценкой «хорошо» принимается полевые материалы, если они имеют один несущественный недостаток, не затрудняющий чтение и обработку сейсмической записи.

С оценкой «удовлетворительно» принимаются полевые материалы, если степень отдельных недостатков несущественно затрудняет чтение и обработку сейсмической записи.

Оценка «неудовлетворительно» дается полевым материалам, если степень недостатков существенно затрудняет чтение и обработку сейсмической записи.



**7.2.4** Качество полевых материалов оценивается:

- по наличию необходимых записей в штампе сейсмограммы в полевом журнале наблюдений по форме в соответствии с приложением А или в сменном рапорте оператора;

- по четкости сейсмической записи позволяющей выделить полезные волны (отсутствие или наличие аппаратурных наводок, микросейсм промышленных помех, взаимовлияний каналов и т.д.).

**7.2.5** Все представляемые материалы должны содержать полную информацию о месте, времени и условиях их получения.

**7.2.6** Участок сейсмического профиля или площади съемки считается отработанным и подлежащим приемке, если на нем выполнен предусмотренный проектом комплекс работ и зарегистрированы волны, обеспечивающие получение информации, предусмотренной проектом, либо доказана невозможность получения таких результатов с помощью спроектированных технических и методических средств.

**7.2.7** Топографо-геодезических работ работы принимаются без оценки качества в случае решения поставленных перед ними задач.

**7.2.8** По завершении полевых СРР проводится окончательная приемка полевых материалов.

Для приемки полевых материалов недропользователем, проводившим СРР, создается комиссия, в состав которой входят представители Заказчика и представители недропользователя (полевой партии, отряда).

**7.2.9** Приемке подлежат:

- топографо-геодезические работы;
- материалы опытных работ;
- материалы производственных СРР.

К приемке представляются следующие материалы и документы:

- карта расположения и геодезической привязки пунктов геофизических наблюдений;

- каталоги и/или ведомости координат и высот пунктов наблюдений на бумаге и электронном носителе информации; формат данных на носителе информации должен соответствовать предусмотренному в проекте на проведение СРР;

- схемы отработки профилей;
- электронные носители информации с записью полевых наблюдений и контрольно-тестовой информации (сейсмограммы);
- сейсмограммы воспроизведения полевых наблюдений и аппаратурных проверок;
- результаты опытных работ, подтверждающие выбранную методику;
- результаты предварительной обработки, имеющиеся на момент приемки.

**7.2.10** В акте окончательной приемки полевых материалов должны быть отражены:

- оценка качества и объемы принятого материала;
- предварительная оценка степени решения методических и геологических задач, поставленных техническим проектом.

**7.2.11** Акт окончательной приемки полевых материалов подписывается членами комиссии и утверждается руководителем предприятия-Заказчика или вышестоящей организации исполнителя.

Экземпляры акта прилагаются к окончательному отчету, а также передаются организации, в состав которой входит сейсмическая партия (отряд).

### **7.3 Сейсморазведочная аппаратура и оборудование**

**7.3.1** Для проведения СРР необходимо использовать сейсморазведочные станции, параметры которых соответствуют техническим требованиям и соответствовать характеру поставленных задач (геологического задания). Источники возбуждения и приемники упругих колебаний (геофоны) должны рассматриваться в качестве составной части сейсморазведочной аппаратуры, а их технические характеристики должны быть

согласованы с основной аппаратурой (сейсмической станцией).

**7.3.2** В малоглубинной сейсморазведке возможно использование сейсмических станций («Прогресс-Л» (СКБ СП), «Эллисс» (ООО «ГЕОСИГНАЛ»), SGD-SEL («Сибгеофизприбор»), «Лакколит» (ООО «ЛОГИС») и др.) и телеметрических сейсмических систем («ТЕЛСС-3» (ООО «ГЕОСИГНАЛ»), SGD-SET («Сибгеофизприбор») и др.).

**7.3.3** Перед началом и в процессе полевых работ регулярно должно выполняться техническое обслуживание и проверка технического состояния элементов сейсморазведочного комплекса.

План регламентных работ и контрольных проверок составляется на основе технических условий завода-изготовителя по эксплуатации аппаратуры и оборудования, который утверждается главным инженером организации.

**7.3.4** Для выполнения проверок используются методики и инструментальные средства, рекомендованные изготовителями элементов сейсморегистрирующего комплекса.

## **7.4. Возбуждение волн**

**7.4.1.** Способы возбуждения колебаний должны обеспечить получение четких записей полезных волн. Продолжительность и интенсивность сейсмической записи должны обеспечить уверенное выделение регистрируемых типов волн.

Для определения оптимальных условий возбуждения и приема полезных колебаний проводятся опытные методические работы.

Скорость упругих волн в различных грунтах приведена в приложении Б.

Отражение и преломление волн приведено в приложении В.

Схема возбуждения Р- и SH-волн приведена в приложении Г.

Системы встречных и нагоняющих географов приведены в приложении Д.

Система наблюдений на обобщенной плоскости приведена в приложении Е.

Сейсморазведочная аппаратура приведена в приложении Ж.

**7.4.2** Основным способом возбуждения упругих колебаний для малоглубинной сейсморазведки является ударный с помощью ручного тампера (кувалды). Ударная система состоит из бойка и плиты-подложки. Плита-подложка должна иметь площадь, не менее чем в 2 раза превышающей площадь ударной части тампера.

При возбуждении упругих волн в местах с твердым покрытием (асфальт, бетон) можно выполнять удары и без применения плиты-подложки. Ничтожно малая величина рабочей поверхности кувалды возбуждают упругие колебания в широком спектре частот.

**7.4.3** Продольные волны возбуждаются вертикально направленным ударом. Возбуждение поперечных волн осуществляется с помощью горизонтальных, либо наклонно направленных под углом 45 градусов ударно-механических воздействий.

Для реализации селекции волн по поляризации в источнике на каждом пункте осуществляют воздействия, различающиеся направлением на 180°.

**7.4.4** В процессе полевых наблюдений следует обеспечить постоянство условий возбуждения.

**7.4.5** Отметка момента удара, а также вертикального времени должна быть четкой и устойчивой, обеспечивающей определение момента с погрешностью не более шага дискретизации.

**7.4.6** Если на одном объекте работы проводятся с различными источниками возбуждения, должно быть обеспечено дублирование физических наблюдений с получением в местах смены источников записей от каждого из них.

## **7.5 Прием колебаний**

**7.5.1** Сейсмоприемники (геофоны) должны иметь широкий частотный диапазон.

При малоглубинной сейсморазведке используют:

- вертикальные сейсмоприемники, регистрирующие преимущественно продольные волны, приходящие снизу;

- горизонтальные сейсмоприемники – для регистрации поперечных волн.

Сейсмоприемники должны быть правильно ориентированы и иметь хороший (плотный) контакт с поверхностью земли (грунта).

**7.5.2** Регистрация колебаний осуществляется преимущественно на открытом канале.

Допускается применение режекторных фильтров для подавления помех промышленной частоты, а также фильтров для ослабления низкочастотных волн-помех.

**7.5.3** Для контроля качества регистрируемых материалов должна проводиться 100 % ежедневная визуализация записей.

Параметры регулировки усиления подбираются так, чтобы обеспечивалась достаточно интенсивная запись на всем исследуемом интервале времен.

**7.5.4** Регистрация колебаний ведется с применением накапливания воздействий.

## **7.6 Опытные работы**

**7.6.1** Опытные работы подразделяются на методические и специальные.

Задачи и программы опытных работ должны быть изложены в техническом проекте на проведение СРР. Опытные работы выполняются до начала и в процессе производственных СРР.

**7.6.2** Методические работы проводятся с целью обоснования или совершенствования методики и техники основных производственных СРР, предусмотренных проектом, и составляют их неотъемлемую часть.

Задачей методических опытных работ является выбор оптимальных условий возбуждения и параметров регистрации сейсмических колебаний.

**7.6.3** Материалы методических опытных работ следует обрабатывать своевременно.

Результаты обработки, в случае необходимости, используются для обоснования изменения методики работ, предусмотренной проектом на проведение СРР.

**7.6.4** Специальные опытные работы проводятся с целью разработки и опробования новых и совершенствования существующих методов и модификаций сейсморазведки, исследования новых образцов сейсморазведочной аппаратуры, разработки новых средств возбуждения колебаний и т.п.

## **7.7 Сети наблюдений**

**7.7.1** Расположение сети наблюдений определяется задачами работ, глубинными и поверхностными условиями.

Сети наблюдений должны быть по возможности увязаны с буровыми скважинами, расположенными на площади исследований (или вблизи нее). В сеть профилей рекомендуется включать специальные профили, проходящие через буровые скважины.

**7.7.2** Профильные работы рекомендуется вести по прямым линиям вне зависимости от рельефа.

Если препятствия непреодолимы по [4], допускается их обход по ломаным линиям.

**7.7.3** Рекомендуется совмещать сейсмические профили с другими геофизическими профилями (гравиразведочными, магниторазведочными, электроразведочными и др.) с целью совместной комплексной интерпретации всех геофизических материалов.

**7.7.4** Параметры сети (плотность, ориентировка, и т.п.) рекомендуется выбирать с учетом геологических задач и требований последующей трехмерной обработки, в т.ч. пространственной миграции, а также с учетом экономических факторов.

При расчете параметров целесообразно использовать возможности, предоставляемые программами по проектированию сетей для трехмерной сейсморазведки.

**7.7.5** При повторном проведении работ с применением новой техники или технологии проектируемая сеть профилей должна частично или полностью включать ранее

отработанные профили.

### **7.8 Системы наблюдений**

**7.8.1** Проектирование системы наблюдений проводится исходя из геологического (технического) задания, сейсмогеологической модели среды, результатов решения прямых задач и характеристик имеющейся аппаратуры.

**7.8.2** Системы наблюдений должны обеспечивать при оптимальных условиях прослеживание всех полезных волн. Большое значение при выборе системы наблюдений имеют также экономические факторы.

**7.8.3** Система наблюдений представляет собой сеть сейсмических профилей (площадная съемка) с отдельными сейсмондированиями, обеспечивающая наибольшее экономическое и достоверное изучение геологического, инженерно-геологического строения изучаемого участка.

**7.8.4** Сейсмические наблюдения должны проводиться с равными расстояниями между СП, обеспечивающими надежную фазовую корреляцию полезных волн.

При работах на песчано-глинистых грунтах шаг между СП следует брать равным от 2 до 5 м. При изучении поверхностных волн допускается уменьшение шага между СП до 1 м.

**7.8.5** Шаг ПП должен быть постоянным, обеспечивающим уверенную регистрацию и последующую обработку всех полезных волн заданной частоты при заданных углах наклона отражающих границ в конкретных сейсмогеологических условиях.

**7.8.6** Параметры системы наблюдений (кратность прослеживания, шаг ПП, минимальное и максимальное расстояния ПВ/ПП), шаг дискретизации определяются на основании:

- сведений о регистрируемом волновом поле;
- кинематических и динамических характеристиках полезных волн и волн-помех;
- имеющейся информации о скоростной дифференциации разреза;
- требуемой глубинности исследований по результатам опытно-методических работ.

Как правило, при этом используется опыт предшествующих работ. Параметры системы наблюдений могут уточняться после проведения опытных работ с избыточными системами.

### **7.9 Сейсмические наблюдения в буровых скважинах**

**7.9.1** Скважинные сейсмические исследования являются составной частью методики малоуглубинной сейсморазведки.

**7.9.2** При ВСП регистрируются и изучаются не только первые вступления проходящих волн, но и все волны в последующих вступлениях.

**7.9.3** ВСП проводится для идентификации сейсмических волн, детального изучения скоростного разреза среды вблизи буровых скважин и стратиграфической привязки сейсмических границ, а также оценки физико-механических свойств грунтов.

**7.9.4** ВСП возможно только с применением специальных сейсмокаротажных зондов с прижимным устройством, обеспечивающим возможность проведения уверенной фазовой корреляции волн, как первых, так и последующих вступлений.

**7.9.5** При проведении скважинных сейсмических наблюдений для целей малоуглубинной сейсморазведки используется, как правило, ударный способ возбуждения. Необходимо выполнить синхронизацию запуска сейсмостанции с моментом удара.

**7.9.6** При регистрации поперечных SH-волн возбуждение сейсмических колебаний осуществляется в режиме суммирования с вычитанием. При таком режиме суммирование сейсмического сигнала осуществляется путем последовательного сложения двух серий накоплений. При этом первая серия накоплений осуществляется, когда источник расположен под углом около  $45^{\circ}$  к горизонту в одном направлении, а вторая серия

накоплений – при расположении сейсмического источника под углом около  $45^{\circ}$  к горизонту в противоположном направлении.

**7.9.7** Для увязки данных ВСП и наземных наблюдений необходимо комбинировать наблюдения по вертикальным и горизонтальным профилям. При этом оба профиля обрабатываются из одних и тех же пунктов возбуждения.

Материалы таких наблюдений целесообразно представлять в виде комбинированных горизонтально-вертикальных годографов или временных разрезов.

### **7.10 Контроль качества полевых сейсморазведочных работ**

Контроль общего качества материалов при полевых работах по малоглубинной сейсморазведке осуществляется оператором в процессе работ. Во время производства работ оператор на сейсмостанции просматривает полевой материал и записи контрольных каналов. При некондиционной зарегистрированной сейсмической информации она бракуется и выполняется повтор наблюдений на текущей точке регистрации.

### **7.11 Топографо-геодезические работы**

**7.11.1** Топографо-геодезические работы в сейсмической партии (отряде) заключаются:

- в подготовке, разбивке и привязке сети профилей;
- в составлении топографической основы для сейсмических карт и профилей.

**7.11.2** Координаты точек определяются прямыми измерениями на концах профилей, их изломах и пересечениях, в местах характерных перегибов рельефа и вдоль профилей.

Получение координат и высот промежуточных ПВ и ПП допускается аналитическим вычислением.

**7.11.3** При перенесении проектного положения сети профилей в натуру отклонение от проекта на проведение СРР не должно превышать 10 м.

**7.11.4** Предельная относительная погрешность измерения расстояний при профильных работах не может превышать 1:400.

**7.11.5** Допустимая среднеквадратическая погрешность определения фактического местоположения пунктов геофизических наблюдений в плане 2,5 м, по высоте 1 м.

Если заказчик заинтересован в более высокой точности топографо-геодезических работ, делается дополнительный расчет их трудоемкости с соответствующим отображением в проектно-сметной документации.

**7.11.6** Относительная погрешность определения расстояний и глубин ВСП не должна превышать 1:1000.

**7.11.7** Топографо-геодезические работы выполняются в соответствии с ТКП 17.04-24.

## **8 Обработка сейсморазведочных материалов**

Обработка материалов малоглубинной сейсморазведки выполняется специализированными программными комплексами. Эти комплексы должны включать в себя обработку большинства из задач СРР (МПВ и МОВ ОГТ), скважинные исследования (ВСП), а также, по возможности – сейсмическое просвечивание (сейсмотомография), работы на поверхностных волнах. Программные комплексы должны состоять из модулей, обеспечивающих решение по отдельности каждой из вышеперечисленных задач, с возможностью их добавления по мере необходимости, быть простым в применении (RadExPro Plus (ООО «Деко-геофизика СК»), Geogiga Seismic Pro (Geogiga Technology Corp., Canada), WinSism (W\_Geosoft, Switzerland), ReflexW (Dr. Karl-Josef Sandmeier, Germany) и др.). Программный комплекс RadExPro Plus (ООО «Деко-геофизика СК»), фактически с 1999 года является составной частью методики ВСПВ [6].

## 8.1. Граф обработки

Цифровая обработка и интерпретация полученных данных основывается на общепринятых положениях с учетом повышенного частотного диапазона волнового поля. Граф обработки содержит все обязательные этапы:

- предобработку;
- корректирующую фильтрацию (полосовая частотная, обратная);
- вычитание волн-помех (в двумерной области скоростей и волновых чисел);
- ввод и последующую совместную коррекцию статических и кинематических поправок;
- коррекцию формы записи (устранение остаточного фазового разброса, усиление интенсивности регулярной составляющей);
- получение и обработку окончательного временного разреза (когерентная фильтрация).

Основными этапами графа обработки данных малоглубинной сейсморазведки являются:

- контроль качества полученных данных;
- верификация геометрии;
- подготовка данных к анализу скоростей, построение обобщенных сейсмограмм ОГТ;
- скоростной анализ, получение скоростного закона;
- построение суммарного временного разреза.

При изучении приповерхностных отложений рекомендуется отказываться от ввода априорных статических поправок и использовать процедуры коррекции высокочастотных статических сдвигов. Это связано с тем, что перепад отметок земной поверхности по профилю сравним с глубинами до целевых горизонтов, и, следовательно, ввод статических поправок приведет к уничтожению полезной части записи.

Граф и параметры обработки для каждого района (площади) выбираются из широкого набора процедур на основании обработки материалов, проведенной на тестовых профилях на этапе опытных работ.

## 8.2 Распознавание и корреляция волн

Распознавание и корреляция отраженных волн выполняется в соответствии с требованиями ТКП 17.04-26-2011.

**8.2.1** При наблюдениях по схеме Z-Z (в методе преломленных волн) в первых вступлениях наблюдаются прямые и преломленные волны; может наблюдаться также поверхностная волна Релея, характеризующаяся большими периодами колебаний и меньшими скоростями волн.

**8.2.2** При наблюдениях по схеме У-У регистрируются поперечные волны, которые характеризуются большими амплитудами и периодами и меньшими скоростями по сравнению с продольными волнами. Поперечные волны достаточно уверенно выделяются в последующих вступлениях на расстоянии более 10-20 м от ПВ.

**8.2.3** При совместных наблюдениях по схемам Z-Z и У-У не возникает особых трудностей при распознавании продольных и поперечных волн.

Характерным признаком SH волн является обращение фаз (инверсия) при противоположно направленных ударах.

**8.2.4** Поверхностные волны релеевского типа регистрируются в последующих вступлениях, характеризуются значительной интенсивностью, слабым затуханием, более низкой, чем P и S волны частотой, многофазностью и дисперсией.

**8.2.5** Выделение и прослеживание волн (корреляция) проводится по комплексу динамических и кинематических характеристик, среди которых наибольшее значение имеет повторяемость формы записи на соседних трассах и плавное изменение интенсивности записи от трассы к трассе.

**8.2.6** Корреляцию преломленных волн необходимо проводить, начиная с трассы, расположенной вблизи ПВ. При затухании прослеживаемых фаз допускается переход на

последующие фазы при условии сохранения временного интервала между ними на всем протяжении их одновременной записи. В случае невозможности осуществлять фазовую корреляцию допускается применять корреляцию по группе преломленных волн.

**8.2.7** Для корреляционной увязки волн, полученных от различных ПВ, используется принцип равенства времен прихода преломленных волн во взаимных точках при условии одинакового положения относительно дневной поверхности СП и ПВ.

Допустимое расхождение времен прихода одних и тех же фаз во взаимных точках не должно превышать +25 % видимого периода преломленных волн.

**8.2.8** Корреляция преломленных волн проверяется по разностным годографам, по равенству взаимных времен, по изменению положения зоны интерференции на сейсмограмме при смене ПВ.

### **8.3. Специфика обработки данных ВСП**

Для целей малоуглубинной сейсморазведки обработка сейсмограмм состоит в следующем:

- применение амплитудной коррекции сейсмических трасс;
- инверсия трасс с измененной фазой;
- выделение изучаемой волны;
- пикирование первых вступлений волн.

### **8.4 Оценка точности построения границ**

Оценка точности построения сейсмических границ является обязательной процедурой и может проводиться следующими способами:

- по сопоставлению результатов построения границ с заведомо более точными данными;
- по внутренней сходимости построений в точках пересечения профилей;
- по величинам среднеквадратических погрешностей определения глубин, скоростей;
- по теоретическим оценкам возможных погрешностей.

## **9 Интерпретация сейсмических материалов**

Результаты интерпретации зависят от умения распознать определяющие особенности строения среды и имеющихся материалов, а также учесть их при выборе модели среды и интерпретационных процедур. В процессе интерпретации необходимо сочетать геологические и геофизические подходы, используя наиболее эффективные средства решения каждой из задач графа интерпретации. Общим требованием является современный уровень применяемых средств интерпретации и логичность решений – они должны иметь обоснование и приниматься, исходя из анализа возможных вариантов.

**9.1** Интерпретация сейсмических данных заключается в определении по ним, с учетом априорной информации, освещающей строение объекта сейсмических исследований, и в соответствии с целевым заданием, модели геологической среды, согласующейся с результатами обработки.

В процессе интерпретации сочетают два взаимообусловленных подхода:

- геофизический, заключающийся в определении по сейсмическим данным структурных моделей и сейсмогеологических параметров среды;
- геологический, заключающийся в прогнозе по сейсмическим материалам литолого-петрофизических, генетических и иных геологических характеристик среды.

Интерпретация включает также отображение результатов и оценку их надежности и точности.

**9.2** Количественную интерпретацию следует выполнять по материалам продольного сейсмического профилирования. В случае параллельности нагоняемого и нагоняющего годографов разрез следует отождествлять со слоисто-однородной средой, а

зарегистрированные волны считать головными. В случае непараллельности указанных годографов (при отсутствии проницания) разрез следует отождествлять с градиентной средой, а волны относить к рефрагированным.

**9.3** Окончательные геологические результаты сейсмической интерпретации должны быть согласованы с ранее полученными на изучаемом объекте и прилегающих площадях геолого-геофизическими данными, с учетом их точности и достоверности.

## **10 Составление окончательного отчета по результатам сейсморазведочных работ**

### **10.1 Общие положения**

**10.1.1** По результатам СРР составляется отчет. Отчет должен отражать все полученные в процессе работы результаты.

Материалы, помещаемые в отчет, должны быть обработаны и систематизированы.

Общими требованиями к отчету являются объективность, краткость и точность формулировок, исключающих возможность неоднозначного толкования; конкретность в изложении результатов работ и обоснованность выводов и рекомендаций.

**10.1.2** Отчет составляется на основании камеральной обработки всех сейсморазведочных материалов.

**10.1.3** Форму представления фактического материала определяет ответственный исполнитель отчета, если иное не предусмотрено условиями договора с Заказчиком.

### **10.2 Структура отчета**

**10.2.1** Отчет должен содержать структурные элементы согласно ТКП 17.04-16.

**10.2.2** По согласованию с Заказчиком в отчет могут быть введены и другие структурные элементы.

**10.2.3** Вспомогательный материал, содержащий фактические данные, не вошедшие в основной текст отчета, помещают в конце отчета, либо в виде самостоятельной книги текстовых приложений.

### **10.3 Содержание отчета**

**10.3.1** Отчет должен состоять из текста объемом не более 150 печатных листов, графических и текстовых приложений.

**10.3.2** Текстовая часть отчета должна содержать исчерпывающие данные по всем видам работ, предусмотренным проектом, и состоять из следующих разделов:

- введение;
- краткая геолого-геофизическая характеристика района работ;
- методика и техника полевых работ;
- технико-экономические показатели;
- машинная обработка и интерпретация материалов геофизических работ;
- результаты работ;
- заключение;
- список использованной литературы.

**10.3.3** К отчету прилагается описание фактического материала (архива), подлежащего дальнейшему хранению.

## **11. Охрана окружающей среды при проведении малоглубинных сейсморазведочных работ**

**11.1** Пути передвижения техники, места стоянки и обслуживания механических транспортных средств, используемых при проведении работ, планируются и устраиваются с условием исключения причинения вреда окружающей среде. Случайные проливы ГСМ на почву ликвидируются в установленном порядке.



**11.2** Для предотвращения загрязнения исследуемой территории отходами производства и потребления, образуемыми в процессе проведения работ, проводятся мероприятия, предусмотренные законодательством.

**Приложение А**  
(обязательное)

**Форма журнала сейсмических наблюдений**

Журнал сейсмических наблюдений

Количество сейсморазведочных каналов: \_\_\_\_\_.

Длительность сейсмической записи: \_\_\_\_\_ мс.

Фильтр промышленной частоты 50 Гц: включен/выключен.

Номер пикета	Дата	Усиление, db	ФНЧ, Гц	ФВЧ, Гц	Задержка, мс	Количество накоплений	Условия приема	Примечание

Геофизик \_\_\_\_\_

**Приложение Б**  
(справочное)

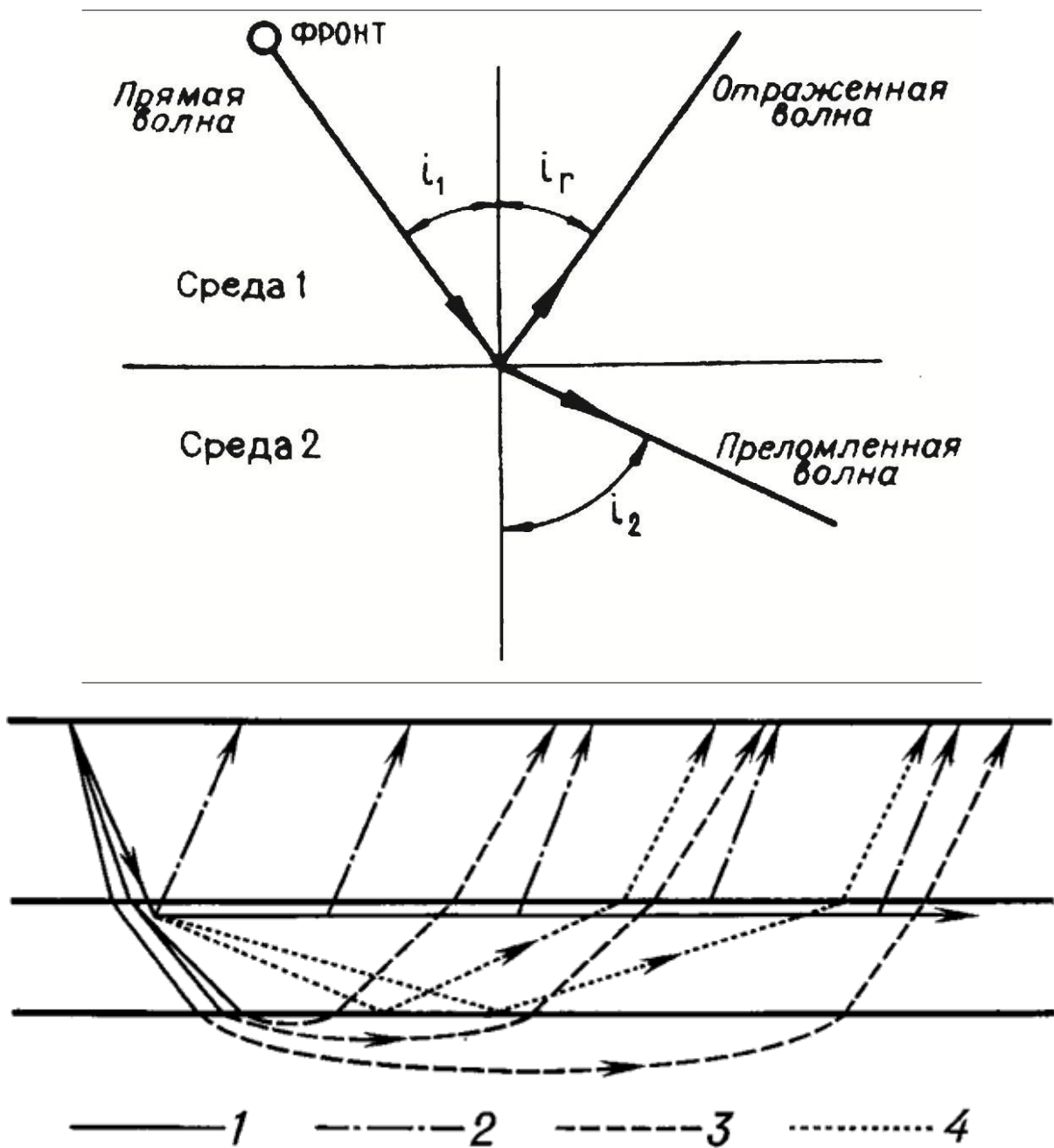
**Скорость упругих волн в различных грунтах**

Таблица Б.1 – Скорость упругих волн в различных грунтах [5]

Тип грунта	Наименование	Состояние	$V_p$ , м/с	$V_s$ , м/с	$V_s / V_p$
Обломочно-песчаные		Неводонасыщенное	400-800	250-500	0,60-0,70
	Галечники	Водонасыщенное	2000-2700	250-500	0,10-0,20
		Мерзлое (-3° С)	3800-4800	2000-2600	0,50-0,60
		Неводонасыщенное	200-500	150-300	0,50-0,70
	Пески	Водонасыщенное	1500-2000	150-300	0,07-0,20
		Мерзлое (-3° С)	3400-4000	1800-2200	0,50-0,60
		Неводонасыщенное	2500-2550	120-280	0,45-0,60
	Супеси	Водонасыщенное	1450-1800	120-280	0,07-0,15
	Мерзлое (-3° С)	2800-3500	1500-1900	0,45-0,60	
Глинистые		Неводонасыщенное	300-600	100-250	0,30-0,55
	Суглинки	Водонасыщенное	1500-1900	100-250	0,05-0,15
		Мерзлое (-3° С)	2200-2800	1200-1500	0,40-0,55
		Неводонасыщенное	400-1800	100-400	0,10-0,35
	Глины	Водонасыщенное	1800-2500	100-400	0,05-0,12
	Мерзлое (-3° С)	1900-2300	800-1200	0,40-0,50	
Скальные		Неводонасыщенное	800-4000	500-2500	0,50-0,70
	Песчаники	Водонасыщенное	1800-4500	500-2500	0,40-0,60
		Мерзлое (-3° С)	3600-5000	1900-2800	0,50-0,60
		Неводонасыщенное	1000-4500	500-2800	0,5-0,65
	Известняки	Водонасыщенное	2000-5000	500-2800	0,35-0,55
		Мерзлое (-3° С)	3800-5500	2000-3000	0,50-0,60
		Неводонасыщенное	1500-5000	800-3000	0,50-0,65
	Граниты	Водонасыщенное	2500-5500	800-3000	0,40-0,60
	Мерзлое (-3° С)	4000-6000	2200-3200	0,50-0,60	

Приложение В  
(справочное)

Отражение и преломление волн

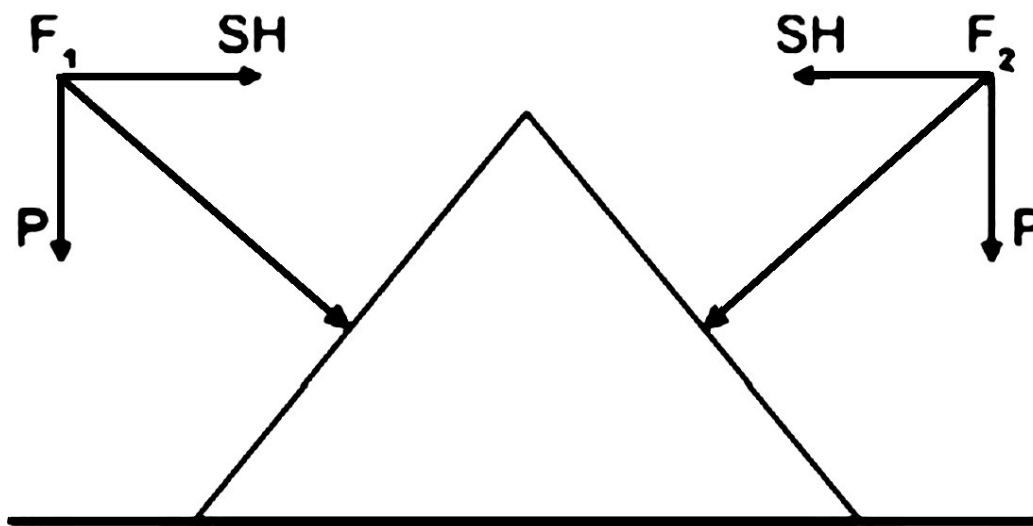


1 – прямая и проходящая волны; 2 – преломленная головная волна;  
3 – преломленная рефрагированная волна; 4 – закритическая отраженная волна

Рисунок В.1 – Отражение и преломление волн

Приложение Г  
(справочное)

Схема возбуждения P- и SH-волн



$$F_1 + F_2 = 2P$$

$$F_1 - F_2 = 2SH$$

F<sub>1</sub> – вектор, удара по подставке слева; F<sub>2</sub> – вектор удара по подставке справа;  
 P – вертикальная составляющая вектора возбуждения сейсмической волны (продольной);  
 SH – горизонтальная составляющая вектора возбуждения сейсмической волны (поперечной)

Рисунок Г.1 – Схема возбуждения P- и SH-волн

Приложение Д  
(справочное)

Системы встречных и нагоняющих годографов

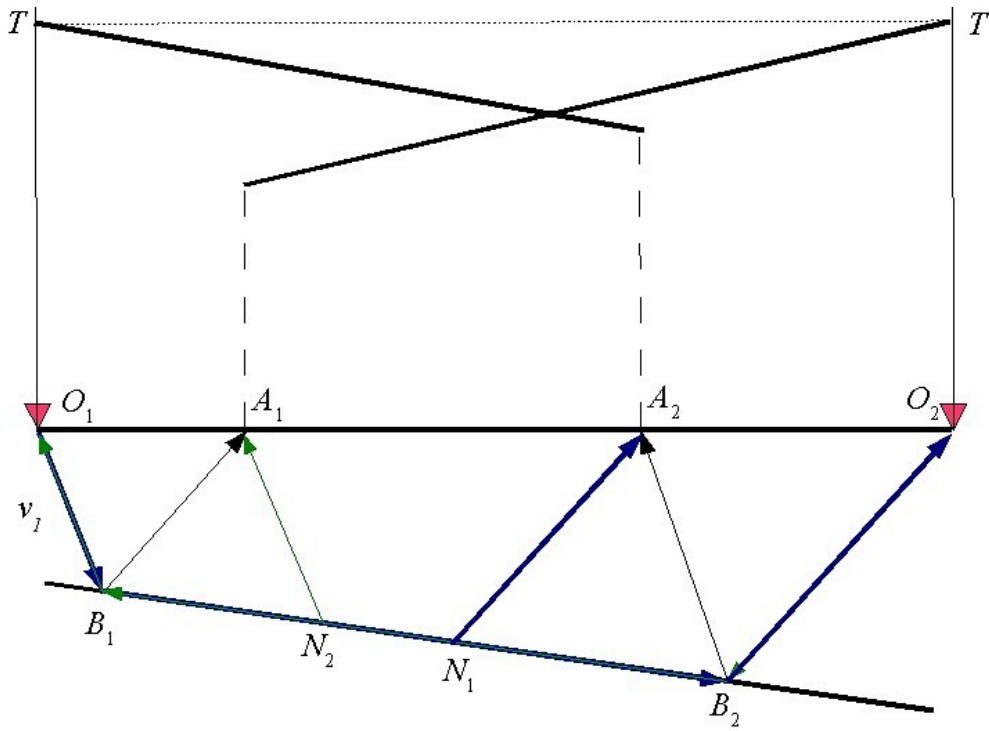


Рисунок Д.1 – Система встречных годографов

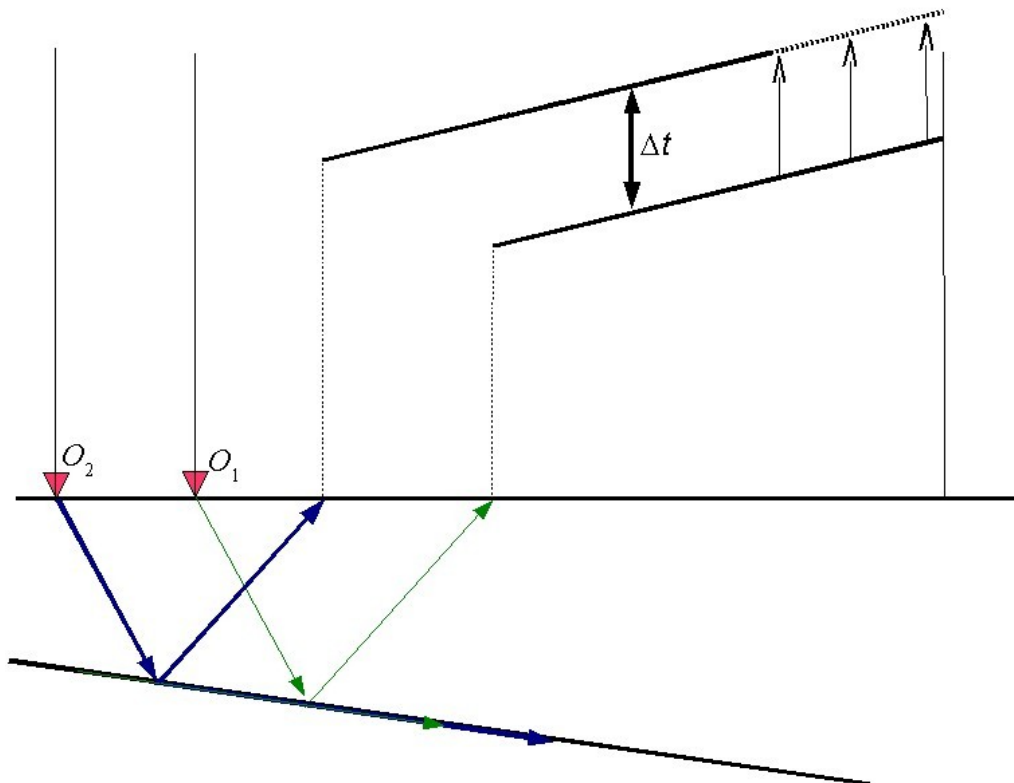
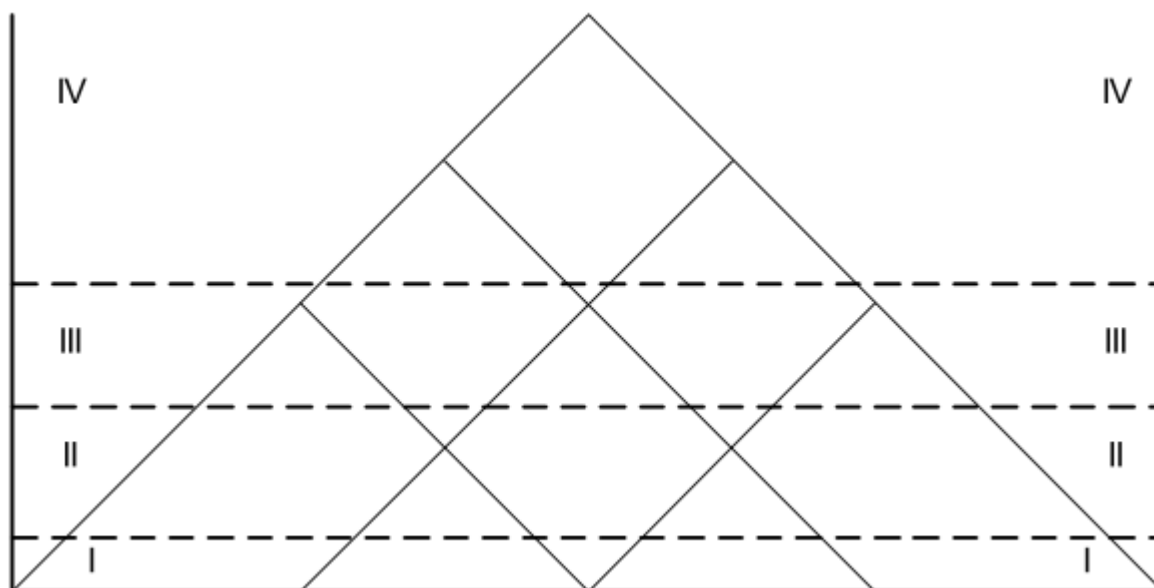


Рисунок Д.2 – Система нагоняющих годографов

**Приложение Е**  
(справочное)

**Система наблюдений на обобщенной плоскости**



Области регистрации: I-I – прямой волны,  
II-II, III-III и IV-IV – преломленных волн от границ на разных глубинах

**Рисунок Е.1 – Система наблюдений на обобщенной плоскости**

**Приложение Ж**  
(справочное)

**Сейсморазведочная аппаратура**

**Таблица Ж.1 – Сейсморазведочные станции**

	Лакколит-Х-МЗ	SGD-SEL	ЭЛЛИСС-3	ТЕЛСС-3	SGD-SET
Кол-во каналов	24	24,48	24-96	960	394
АЦП, бит	24	24	24	32	24
Мгновенный динамический диапазон, дБ	100	105	120	130	105
Период Дискретизации, мс	0,125; 0,25; 0,5; 1,0; 2,0	0,125;0,25; 0,5;1,0;2,0	0,0125;0,025; 0,05;0,125; 0,25;0,5; 1,0; 2,0;4,0	0,25;0,5;1, 0; 2,0;4,0	0,125;0,25; 0,5;1,0;2,0
Уровень шума, мкВ	0,2	0,15	0,1	0,08	0,15
Коэффициент нелинейных искажений, %	0,007	0,003	0,001	0,0005	0,003
Взаимные влияния между каналами, дБ	100	130	110	130	110
Потребляемая мощность на один канал, мВт	0,25	0,5	0,12	0,15	0,5

**Таблица Ж.2 – Модификации геофона 20DX**

артикул	810100-001	810100-002	810100-003	810100-004	810100-005	810100-006
тип	20DX-8 Гц	20DX-10 Гц	20DX-14 Гц	20DX-28 Гц	20DX-35 Гц	20DX-40 Гц
Собственная частота	8+/-5%	10+/-5%	14+/-5%	28+/-5%	35+/-5%	40+/-5%
Коэффициент линейных искажений(%)	<=0-15					
Используемые частоты (Гц)	>=180	>=250	>=250	>=350	>=350	>=380
Коридор рабочих температур (°)	-45°С- +100°С					



### Библиография

- [1] Кодекс Республики Беларусь о недрах от 14 июля 2008 г. N 406-3
- [2] Инструкция о порядке разработки, согласования и утверждения проектной документации на пользование недрами. Утверждена постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь и Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 20 февраля 2009 г. № 6/8
- [3] Методика по составлению проектов и смет на геологоразведочные работы. Утверждена приказом Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 3 декабря 2007 г. № 37-ОД
- [4] Правила безопасности и охраны труда при геологоразведочных работах. Утверждены постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь и Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 5 июля 2007 г. № 71/64
- [5] Применение сейсмоакустических методов в гидрогеологии и инженерной геологии // Мин-во геол. СССР; Всесоюз. науч.-исслед.ин-т. гидрогеол. и инж. геол. / Под ред. Н.Н. Горяинова – М.: Недра, 1992. – 264 с.
- [6] Скворцов А.Г. Высокорастворная сейсморастворная разведка на поперечных волнах при изучении верхней части геологической среды // Конференция “Инженерная геофизика» – МГУ, Геленджик, 2005. – с.16-18.
- [7] Инструкция о порядке составления отчетов о геологическом изучении недр. Утверждена постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 14 мая 2007 г. № 58

Начальник Управления  
по геологии Минприроды

---

подпись

В.В. Варакса

Генеральный директор  
Республиканского унитарного  
предприятия «Научно-практический  
центр по геологии»

---

М.П. подпись

А.П. Иваненко

Первый заместитель генерального  
директора Республиканского  
унитарного предприятия «Научно-  
практический центр по геологии»

---

подпись

А.М. Ковхуто

Ответственный исполнитель  
зав.отделом экономики минерального  
сырья Республиканского унитарного  
предприятия «Научно-практический  
центр по геологии»

---

подпись

Л.А. Шакалов

Разработчик  
ведущий инженер отдела геофизики  
Республиканского унитарного  
предприятия «Научно-практический  
центр по геологии»

---

подпись

В.Н. Силуянов