

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
 высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа природных ресурсов  
 Направление подготовки (специальность) 21.04.01 «Нефтегазовое дело»  
профиль «Надежность газонефтепроводов и хранилищ»  
 Отделение нефтегазового дела

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Тема работы
«Исследование влияния криогелей на проведение работ по укреплению грунта при строительстве и реконструкции трубопроводов в условиях Крайнего Севера»

УДК 621.644.07: 624.138: 544.774 (211-17)

**Студент**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ6Б	Кугданов А. Г.		

**Руководитель**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП	Бурков П. В.	д.т.н., профессор		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент ОСГН ШБИП	Макашева Ю.С.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент ООД ШБИП	Немцова О. А.			

**Консультант-лингвист**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОНЯ ШБИП	Коротченко Т.В.	к.ф.н., доцент		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ОНД ИШПР	Бурков П.В.	д.т.н, профессор		

## Результаты обучения по программе

№	Результаты обучения
1	2
P1	Применять естественнонаучные, математические» гуманитарные, экономические, инженерные, технические и глубокие профессиональные знания в области современных нефтегазовых технологий для решения прикладных междисциплинарных задач и инженерных проблем, соответствующих профилю подготовки (в нефтегазовом секторе экономики)
P2	Планировать и проводить аналитические и экспериментальные исследования с использованием новейших достижений науки и техники, уметь критически оценивать результаты и делать выводы, полученные в сложных и неопределённых условиях; использовать принципы изобретательства, правовые основы-в области интеллектуальной собственности
P3	Проявлять профессиональную осведомленность о передовых знаниях и открытиях в области нефтегазовых технологий с учетом передового отечественного и зарубежного опыта; использовать инновационный подход при разработке новых идей и методов проектирования объектов нефтегазового комплекса для решения инженерных задач развития нефтегазовых технологий, модернизации и усовершенствования нефтегазового производства.
P4	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современные машины и механизмы для реализации технологических процессов нефтегазовой области, обеспечивать их высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда, выполнять требования по защите окружающей среды.
P5	Быстро ориентироваться и выбирать оптимальные решения в многофакторных ситуациях, владеть методами и средствами математического моделирования технологических процессов и объектов
P6	Эффективно использовать любой имеющийся арсенал технических средств для максимального приближения к поставленным производственным целям при разработке и реализации проектов, проводить экономический анализ затрат, маркетинговые исследования, рассчитывать экономическую эффективность.
P7	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя команды, умение формировать задания и оперативные таны всех видов деятельности, распределять обязанности членов команды, готовность нести ответственность за результаты работы
P8	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности; активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде, разрабатывать документацию и защищать результаты инженерной деятельности.

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
 высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Инженерная школа природных ресурсов  
 Направление подготовки (специальность) 21.04.01 «Нефтегазовое дело»  
профиль «Надежность газонефтепроводов и хранилищ»  
 Отделение нефтегазового дела

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП ОНД ИШПР

\_\_\_\_\_  
 (Подпись)                      \_\_\_\_\_  
 (Дата)                              Бурков П.В.  
 (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

магистерской диссертации
--------------------------

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ6Б	Кугданову Александру Гаврильевичу

Тема работы:

«Исследование влияния криогелей на проведение работ по укреплению грунта при строительстве и реконструкции трубопроводов в условиях Крайнего Севера»	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	от 08.05.2018 г. №3215/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	<i>Патенты на полезные модели, нормативные документы, фондовая и периодическая литература, монографии, учебники.</i>
---------------------------------	--

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Введение</li> <li>2. Литературный обзор</li> <li>3. Теоретическая часть</li> <li>4. Расчетная часть</li> <li>5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</li> <li>6. Социальная ответственность при укреплении грунта откосов и днищ траншеи трубопровода в условиях Крайнего Севера</li> <li>7. Заключение</li> </ol>
<p><b>Перечень графического материала</b></p>	<p>Таблицы – 19:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Зоны распространения грунтов;</li> <li>- Процесс укрепления грунта методом цементации;</li> <li>- Расчет стоимости материалов на проведение работ;</li> <li>- Расчет амортизационных отчислений;</li> <li>- Расчет заработной платы сотрудников за выполненную работу методом цементации;</li> <li>- Тарифы на социальные отчисления;</li> <li>- Затраты на проведения организационно-технического мероприятия;</li> <li>- Процесс укрепления грунта криогелем;</li> <li>- Расчет стоимости материалов на проведение работ;</li> <li>- Расчет амортизационных отчислений;</li> <li>- Расчет заработной платы сотрудников за выполненную работу укрепления грунта криогелем;</li> <li>- Тарифы на социальные отчисления;</li> <li>- Отчисления во внебюджетные фонды;</li> <li>- Затраты на проведения организационно-технического мероприятия.</li> </ul> <p>Рисунки – 17:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Криогель;</li> <li>- Зависимость модуля упругости от количества циклов замораживания и оттаивания;</li> <li>- Обобщенная схема методов формирования полимерных гелей;</li> <li>- Схема расположения слоев грунта;</li> <li>- Морозные текстуры грунта;</li> <li>- Схема образования грунтовой наледи на склоне местности;</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"><li>- Схема перемещения частицы грунта, находящейся на поверхности откоса;</li><li>- Номограмма для определения коэффициента <math>\beta_N</math> при проверке устойчивости криволинейного трубопровода;</li><li>- Принципиальная схема закрепления основания трубопровода криогелем;</li><li>- Расчетная схема вертикального перемещения нефтепровода при осадке грунта;</li><li>- Эюры эквивалентных напряжений, возникающих в нефтепроводе при осадке грунта;</li><li>- Эюры эквивалентных напряжений, возникающих в нефтепроводе напряжений при осадке грунта с предложенной схемой закрепления;</li><li>- Эюры деформации нефтепровода при осадке грунта;</li><li>- Эюры деформации нефтепровода при осадке грунта с применением криогеля.</li></ul>
--	---

<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> <i>(с указанием разделов)</i>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Макашева Ю. С., ассистент ОСГН ШБИП
«Социальная ответственность»	Немцова О. А., ассистент ООД ШБИП

<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>
<b>Review of the basic methods for growing ground growing strengths</b>

**Задание выдал руководитель:**

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>			05.09.2016г	
<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Руководитель ООП ОНД ИШПР	Бурков Петр Владимирович	д.т.н., профессор		05.09.2017

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
2БМ6Б	Кугданов Александр Гаврильевич		05.09.2017

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2БМ6Б	Кугданову Александру Гаврильевичу

<b>Инженерная школа</b>	<b>Природных ресурсов</b>	<b>Направление/специальность</b>	21.04.01 «Нефтегазовое дело» профиль «Надежность газонефтепроводов и хранилищ»
<b>Уровень образования</b>	магистратура		

**Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:**

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Оценка затрат на укрепление грунта откосов и днищ траншей трубопровода методом цементации, оценка затрат на укрепление грунта откосов и днищ траншей трубопровода криогелем</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>СТО Газпром РД 1.12-096-2004</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Налоговый кодекс РФ ФЗ-213 от 24.07.2009 в редакции от 09.03.2016г. № 55-ФЗ</i>

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>- Сравнение двух методов укрепления грунта (метод цементации, укрепление грунта криогелем)</i>
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>- Расчет капитальных вложений на проведение данного вида работ; – Расчет эксплуатационных издержек; – Расчет экономической эффективности.</i>
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>- Определение ресурсной (ресурсосберегающей) эффективности проекта</i>

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

1. Расчетные формулы;
2. Таблицы – 14 шт.

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	16.03.2018г
---	-------------

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
ассистент ОСГН ШБИП	Макашева Ю.С.			16.03.2018г

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
2БМ6Б	Кугданов А.Г.		16.03.2018г

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2БМ6Б	Кугданову Александру Гаврильевичу

<b>Инженерная школа</b>	<b>Природных ресурсов</b>		
<b>Уровень образования</b>	<b>Магистратура</b>	<b>Направление/специальность</b>	21.04.01 «Нефтегазовое дело» профиль «Надежность газонефтепроводов и хранилищ»

<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Рабочим местом является укрепление грунта при строительстве и реконструкции трубопроводов в условиях Крайнего Севера. Работа осуществляется методом нагнетания криогеля в скважины, пробуренных наклонно с двух сторон траншеи.  Время работ по укреплению грунта - лето
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<b>1. Производственная безопасность</b> 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:	Работа по укреплению грунта непосредственно связана с дополнительным воздействием целой группы вредных факторов, что существенно снижает производительность труда. К таким факторам можно отнести: 1. Превышение уровней шума; 2. Отклонение показателей климата на открытом воздухе; 3. Тяжесть и напряженность физического труда;

<p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p>	<p>На объекте укрепление грунта откосов и днищ траншей трубопроводов методом нагнетания криогеля, могут возникать опасные ситуации для рабочего персонала, к ним относятся:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования (в т.ч. грузоподъемные)</li> <li>2. Электрический ток;</li> <li>3. Пожароопасность.</li> <li>4. Электрическая дуга и металлические искры</li> </ol> <p>Примечание: Пожароопасность описана в 3.1 как ЧС</p>
<p><b>2. Экологическая безопасность:</b></p>	<p>При укреплении грунта будет оказываться негативное воздействие, в основном, на состояние земельных ресурсов и атмосферного воздуха.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Охрана земельных ресурсов и растительного мира;</li> <li>2. Охрана атмосферного воздуха.</li> </ol>
<p><b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b></p>	<p>В районе деятельности возможно возникновение следующих видов чрезвычайных ситуаций различного характера.</p> <p>Одним из основных таких ситуаций является – пожар.</p>
<p><b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b></p>	<p>Специальные правовые нормы трудового законодательства.</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	16.03.2018
--	------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент ООД ШБИП	Немцова Ольга Александровна			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ6Б	Кугданов Александр Гаврильевич		16.03.2018

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
 высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа природных ресурсов

Направление: 131000 Нефтегазовое дело

Уровень образования: магистратура

Период выполнения: осенний/весенний семестр 2017/2018 учебного года

Форма представления работы:

магистерская диссертация

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения  
 выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы

Дата текущего контроля*	Название раздела / вид работы (исследования)	Процент выполнения
26.09.2017	Введение	5
16.10.2017	Литературный обзор, объект и методы исследования	10
27.11.2017	Анализ существующих методов укрепления грунта	10
11.12.2017	Укрепление грунта откосов и днищ траншей трубопроводов криогелем	20
16.02.2018	Расчетная часть: проведение лабораторных испытаний прочностных характеристик суглинистого грунта, проверка прочности и устойчивости трубопровода	25
20.03.2018	Анализ напряженно-деформированного состояния трубопровода в программном комплексе ANSYS	5
18.04.2018	Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	5
	Раздел «Социальная ответственность»	5
25.04.2018	Заключение	3
06.05.2018	Реферат	2
06.05.2018	Написание пояснительной записки	3
06.05.2018	Подготовка доклада	5
06.05.2018	Оформление презентации	2
	Итого	100

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП ОНД ИШПР	Бурков Петр Владимирович	д.т.н., профессор		

Согласовано:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП	Бурков Петр Владимирович	д.т.н., профессор		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 120 страниц, 17 рисунков, 19 таблиц, 45 источников.

Ключевые слова:

Траншея, криогель, укрепление грунтов, реконструкция трубопроводов, строительство трубопроводов, криотропные полимерные материалы.

Цель данной работы:

повышение прочностных характеристик грунта откосов и днищ траншей при строительстве и реконструкции трубопроводов в условиях Крайнего Севера.

В процессе исследования проводились:

анализ существующих методов укрепления грунта, лабораторные испытания прочностных характеристик суглинистого грунта, расчет трубопровода на прочность и устойчивость, анализ напряженно-деформированного состояния трубопровода в программном комплексе ANSYS.

В результате исследования:

выявлено, что при добавлении в грунт раствора необходимой концентрации поливинилового спирта его удельное сцепление увеличивается, определено, что использование криогеля в качестве укрепляющего материала грунтов в условиях Крайнего Севера экологически безопасна и безвредна для людей, предложена схема укрепления грунта криогелем.

Экономическая эффективность:

затраты на проведение работ по укреплению грунта методом цементации составляют 3 880 500,44 руб. за участок протяженностью 100 м, что выгоднее если тот же участок будет укреплен криогелем стоимостью 1 330 406,55 руб..

Область применения:

может быть применена для укрепления грунтов днищ и откосов траншей при строительстве и реконструкции трубопроводов.

## Определения

**Грунт** – многокомпонентные динамичные системы (горные породы, почвы, осадки и техногенные образования), рассматриваемые как часть геологической среды и изучаемые в связи с инженерно-хозяйственной деятельностью человека.

**Криотропные полимерные материалы (криогели)** – 1) в химии и технологии неорганических материалов - высокопористый монолитный или порошкообразный продукт сублимационной сушки замороженных суспензий и гелей и их последующей термообработки; 2) в химии и технологии высокомолекулярных соединений - продукт низкотемпературного воздействия (замораживание, оттаивание) на растворы и коллоидные дисперсии полимеров и мономеров, часто с последующей сублимационной сушкой;

**Мерзлые грунты** – в технической литературе часто именуют «криогенными» (криос, гр. – холод, лед). Для грунтов этого класса характерны структуры с криогенными связями, т. е. структуры, скрепленные ледяным цементом. Мерзлое состояние грунтов, т. е. в условиях отрицательных температур, бывает временным и постоянным (вечным).

**Укрепление грунтов** – это совокупность строительных операций по внесению вяжущих и других веществ, обеспечивающих существенное изменение свойств грунтов с приданием им требуемой прочности, деформативности, водо- и морозостойкости.

## Содержание

ВВЕДЕНИЕ .....	16
1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР .....	19
2. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	24
2.1. Распространение вечномерзлых грунтов на территории России .....	24
2.2. Общие положения и особенности вечномерзлых грунтов.....	25
2.3. Процессы, происходящие в слое сезонного промерзания и оттаивания ..	27
2.6. Основные способы сооружения трубопроводов .....	29
3. РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ.....	31
3.1 Характеристика района производства работ .....	31
3.1.1 Географическая характеристика района строительства.....	32
3.1.2 Рельеф местности .....	32
3.1.3 Инженерно-геологические условия.....	33
3.1.4 Геологические процессы и явления.....	34
3.1.5 Климатическая характеристика .....	37
3.2. Лабораторные испытания .....	39
3.3 Проверка прочности и устойчивости трубопровода.....	43
3.4. Схема закрепления грунтового основания трубопровода криогелем.....	49
3.5 Анализ напряженно-деформированного состояния трубопровода в программном комплексе ANSYS .....	51
4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И .....	61
4. 1 Расчет продолжительности работ по укреплению грунта откосов и днищ траншей при строительстве и реконструкции трубопроводов .....	62
4. 1. 1 Срок укрепления грунта методом цементации .....	62
4. 1. 2 Расчет продолжительности работ по укреплению грунта криогелем	62

4. 2 Расчёт стоимости проведения работ по укреплению грунта методом цементации .....	63
4. 2. 1 Расчет стоимости материалов для укрепления грунта методом цементации .....	64
4. 2. 2 Расчет амортизационных отчислений по методу цементации .....	65
4. 2. 3 Расчет заработной платы по методу цементации .....	66
4. 2. 4 Расчет отчислений во внебюджетные фонды (страховые отчисления) по методу цементирования .....	67
4. 2. 5 Затраты на проведение организационно-технического мероприятия по методу цементации.....	68
4. 3 Расчёт стоимости проведения работ по укреплению грунта с использованием криогеля .....	69
4. 3. 1 Расчет стоимости материалов для укрепления грунта криогелем. ....	70
4. 3. 2 Расчет амортизационных отчислений по методу укрепления грунта криогелем.....	71
4. 3. 3 Расчет заработной платы по методу укрепления грунта криогелем..	72
4. 3. 4 Расчет отчислений во внебюджетные фонды (страховые отчисления) по методу укрепления грунта криогелем .....	73
4. 3. 5 Затраты на проведение организационно-технического мероприятия по методу укрепления грунта криогелем .....	74
5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ПРИ УКРЕПЛЕНИИ ГРУНТА ОТКОСОВ И ДНИЩ ТРАНШЕЙ ТРУБОПРОВОДА В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА.....	76
5. 1 Профессиональная и социальная безопасность .....	76
5.1.1 Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению .....	78

5.1.2 Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению .....	80
5.2 Экологическая безопасность .....	84
5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	85
5.4 Законодательное регулирование проектных решений .....	88
Заключение	
Список использованной литературы	
Приложение А	

## ВВЕДЕНИЕ

Освоение природных ресурсов Севера и территорий с вечной мерзлотой является первоочередной государственной задачей, решение которой осложняется экстремальными климатическими условиями. Нефтехимическая промышленность играет существенную роль в мировой экономике, оказывая значительное влияние на ключевые отрасли промышленности, строительство и сельское хозяйство. В связи с этим, вопросы проектирования и обустройства нефтегазовых месторождений в северных регионах РФ имеют стратегическую значимость.

В процессе проектирования, строительства и эксплуатации магистральных трубопроводов особое внимание уделяется вопросам обеспечения прочности и устойчивости подземных сооружений в долгосрочной перспективе.

**Актуальность:** Проблема эксплуатации нефте- и газотранспортных объектов на нестабильно мерзлых грунтовых основаниях является нарушением их устойчивого положения вследствие оттаивания, обводнения и разупрочнения мерзлых грунтов.

Существуют различные способы защиты газотранспортных объектов от потери устойчивости вследствие разрушения грунтов оснований талыми и подземными водами, такие как, цементирование, силикатизация, холодная битумизация, замораживание, цементация и глинизация, которые реализуются в виде инъекций в земельное полотно или поверхностного нанесения. В условиях сезонного оттаивания-промерзания грунта эти способы малоэффективны, поскольку традиционные материалы в ходе замерзания – оттаивания разрушаются.

Поэтому при проектировании и строительстве нефте- и газотранспортных объектов указанные способы практически не применяются. Таким образом, актуальной научно-технической задачей является необходимость анализа применения криогеля, которые обладают высокой упругостью и хорошей адгезией к грунту для применения в районах вечной мерзлоты. Применение криогеля позволит обеспечить эффективную и безопасную эксплуатацию и

снизить стоимость содержания нефте – и газотранспортных объектов, сооружений и дорог в условиях сезонно-мерзлых и вечномерзлых грунтов.

**Объект исследования** – способы укрепления грунта в Северных условиях.

**Предмет исследования** – криотропные полимерные материалы (криогели).

**Целью работы** является повышение прочностных характеристик грунта откосов и днищ траншей при строительстве и реконструкции трубопроводов в условиях Крайнего Севера. Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи:

1. Исследовать влияние криогелей на проведение работ по укреплению грунта при строительстве и реконструкции трубопроводов в условиях Крайнего Севера.
2. Провести лабораторные исследования прочностных характеристик суглинистого грунта.

**Научная новизна исследования** основывается на том, что наноструктурированные криотропные полимерные материалы обладают улучшенными теплофизическими и механическими свойствами, они могут найти применение для строительства в районах распространения мерзлых и многолетнемерзлых грунтах.

Для строительства трубопроводов в таких районах возникает проблема по поддержанию повышению несущей способности грунта.

Применение криогеля для укрепления грунта в строительстве трубопроводов, имеет ряд конкурентных преимуществ перед остальными методами:

- Предлагаемые криогели обладают высокими гидроизоляционными, противодиффузионными и противомиграционными свойствами в пористой среде;

- Сезонные колебания температур, часто наблюдаемые во многих областях России, способствуют увеличению их прочности, упругости и усиливают их сцепления с породой;
- Их применение возможно на территории с вечной мерзлотой;
- Криогели экологически безопасны для окружающей среды и безвредны для людей и животного мира.

Исходя, из вышеуказанных преимуществ данный метод может существенно снизить риски при эксплуатации трубопроводов, связанные со сложными природными условиями.

**Практическая значимость работы.** На основании проведенного анализа разработать рекомендации по применению криогеля для укрепления грунта в Северных условиях.

## 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

Теоретической и методологической базой исследования послужили труды отечественных и зарубежных экономистов, документы нормативно-методического характера, материалы периодической печати и информация из интернет-источников.

В основу исследования положены научные публикации и разработки томских ученых из Института химии нефти СО РАН и практические примеры успешного применения криогелей в Северных условиях.

Криотропные полимерные материалы (криогели) – это продукт, образованный из растворов полимеров поливинилового спирта (далее ПВС) от 5 до 10 масс. % с водой 90 - 95 масс. % (дополнительно могут добавляться различные присадки), при температуре 0-20°C представлены виде *гелей* (см. рис.1, а), а после низкотемпературного воздействия (замораживании и оттаивании) образуются так называемые *криогели* (см. рис. 1, б), с высокой упругостью и адгезией к породе. Замечено что, чем больше циклов замораживания – оттаивания, а также при изменении концентраций 5-10 масс. % ПВС, его механические свойства: (прочность, адгезия с грунтом и упругость) увеличивается (см. рис.2). Обобщенная схема методов формирования полимерных гелей, описанная доктором химических наук, В.И. Лозинским, представлена на рис.3.

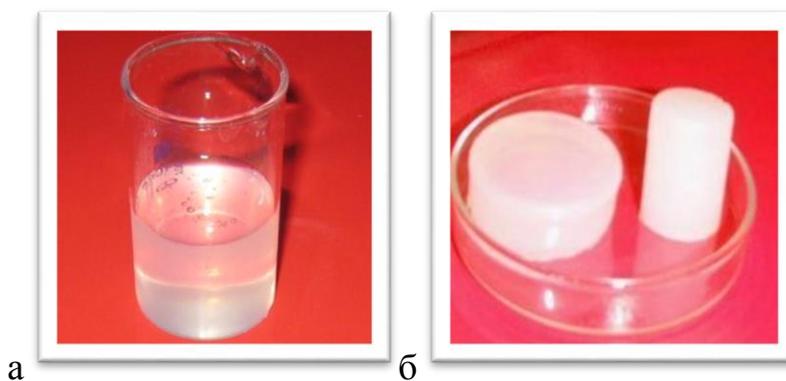


Рисунок 1

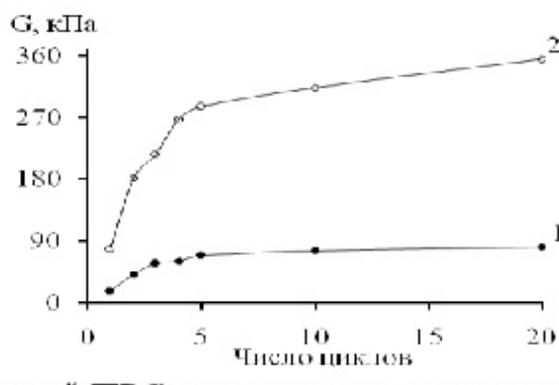


Рисунок 2 – Зависимость модуля упругости от количества циклов замораживания и оттаивания (1-5%ПВС; 2- 10%ПВС)



Рисунок 3 – Обобщенная схема методов формирования полимерных гелей

Структура криогеля образуется при замораживании, вследствие образования крупных кристаллов растворителя, приводящих к вытеснению твердых частиц в пространство между кристаллами

Удаление замороженного растворителя путем сублимации приводит к образованию каркасных структур с крупными (от единиц до сотен мкм) порами на месте удаленных кристаллов льда, что говорит о высокой гидрофобности. Структурные элементы каркасной структуры состоят из твердых частиц суспензии, как правило, наноразмерных с удельной поверхностью от 300-400 м<sup>2</sup>/г до 700-800 м<sup>2</sup>/г [1].

Данные криогели обладают низкой теплопроводностью в отличие от остальных применяемых материалов при низких температурах, что делает его применение перспективным в северных районах [4].

Таким образом, можно сделать вывод о преимущественных особенностях криогеля:

- возможность приготовления этих растворов непосредственно в зоне производства работ;
- могут использоваться в зоне вечной мерзлоты;
- экологически безопасны для окружающей среды и для людей;
- чем больше циклов «замораживание-оттаивание» испытывает криогель, тем лучше становятся его механические свойства: увеличивается его прочность, упругость, усиливается сцепление с породой;
- устойчивы к различным воздействиям окружающей среды: воде, микроорганизмам, ультрафиолету и высоким перепадам температур вибрациям различного происхождения;
- время и температуру гелеобразования можно регулировать;
- обладают невысокой стоимостью за счет использования в составе криогеля, продуктов крупнотоннажного промышленного производства.

Исследованием особенностей применения криогеля в Северных условиях занимались Фуфаева М.С., Алтунина Л.К., Манжай В.Н., Овсянникова В.С., Филатов Д.А.

Способы укрепления слабых грунтов основания земляного полотна и состава для его осуществления исследовали Алтунина Л.К., Хоменко А.П., Сигачев Н.П., Благоразумов И.В., Конышев С. С. и др.

Примером успешного применения криогелей явилось создание противofiltrационной завесы на плотине Иреляхского гидроузла акционерной компании «АЛРОСА», расположенной в районе вечной мерзлоты (г. Мирный Республика Саха (Якутия)).

В 2003-2005 гг. на плотине Иреляхского гидроузла АК «АЛРОСА» (г. Мирный) криогель использовали для формирования противofiltrационного

экрана путем закачки 1500 м раствора криогеля в 63 скважины. Результат положительный, состояние плотины стабилизировалось, ликвидирован водоприток в зонах закачки раствора криогеля.

В 2004 г. проведены опытно-промышленные работы с применением криогеля для ликвидации приустьевой воронки на скважине 338/2 Средне-Хулымского месторождения, г. Надым.

В 2006-2009 гг. Институтом химии нефти СО РАН выполнены работы по исследованию возможности применения гелеобразующих составов для создания дополнительных барьеров безопасности в условиях наземных и подземных хранилищ РАО СХК, ликвидации возможных аварийных ситуаций. По результатам выполнения работ даны рекомендации по применению гелеобразующих растворов для создания профильтрационных и протимиграционных экранов на пути миграции загрязненных вод в первом водоносном горизонте и по способам постановки дополнительных барьеров безопасности в условиях наземных хранилищ РАО СХК.

Совместно с Забайкальским институтом железнодорожного транспорта (Иркутск) в 2011г. изготовлена и опробована опытно-промышленная установка по инъектированию раствора криогеля в грунт производительностью 200-400 л/час, глубиной инъектирования до 5 м.

Подобраны оптимальные составы растворов с эффективными наполнителями. Проведены опытно-промышленные работы на участке длиной 60 м Восточно-Сибирской железной дороги. Разработан метод получения полимерной матрицы криогеля с высокой адгезией к песку, глине и т.д. Твердые и мелкодисперсные ингредиенты грунта связаны и наполнены в криоструктуры, которые слабо подвержены ветровой эрозии.

Криоструктурирование не только скрепляет почву, но и способствует прорастанию семян многолетних трав и образованию зеленого покрова, при этом растения лучше переносят зимние морозы, их корни не вымерзают. Корни растений также способствуют укреплению почвы, а зеленая масса, отмирая в зимний период, повышает ее плодородие.

Опытные работы проведены совместно сотрудниками РАН и МАН в Читинской области и в пустыне Гоби, Монголия. На экспериментальных площадках посеянные семена хорошо проросли и образовали более плотный зеленый покров по сравнению с контрольными площадками (без криогеля).

## 2. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 2.1. Распространение вечномерзлых грунтов на территории России

К районам вечномерзлых грунтов относятся Якутия, Магаданская область, большая часть Читинской и Иркутской областей, Красноярского и Хабаровского краев, частично Тюменская и Свердловская области и Бурятия.

Чем больше среднегодовая отрицательная температура воздуха и, следовательно, температура грунта на уровне их нулевых значений, тем больше толща вечномерзлых грунтов. В отдельных пунктах России вечномерзлые грунты встречаются до 350 м. Выделяют арктическую, субарктическую, умеренно холодную и южную зоны распространения грунтов (см. таблицу 1), также в южной зоне выделяют подзоны прерывистого, островного и редкоостровного распространения вечномерзлых грунтов [10].

Таблица 1 зоны распространения грунтов.

Зоны распространения	Средняя толщина слоя, м	Температура (на глубине 10 м)	Глубина сезонного оттаивания, м
Арктическая	600	от 9 до 10°С	0,7
Субарктическая	350	от 3 до 5°С	1
Умеренно-холодная	250	от 1 до 3°С	1,5
Южная	10	от 0 до -1°С	3 и более

Территория сплошного распространения многолетнемерзлого грунта составляет 62% зоны многолетнемерзлого грунта, в том числе арктическая зона 9%, субарктическая 26% и умеренно-холодная зона 27%. Южная территория составляет 36% территории многолетнемерзлого грунта. В общем наблюдается преобладание многолетнемерзлых грунтов с температурой от -2 до -10°С. Грунты с этой температурой занимают 61,3% зоны многолетнемерзлых грунтов [8].

Согласно СНиП 23-01-99 территория для строительства разделена на четыре строительно-климатические зоны: I-III – зоны равнинных территорий; IV – зона горных областей. К строительно-климатической зоне I относятся арктические, тундровые и таежные территории, причем в ней преобладают

грунты, имеющие избыточное водонасыщение, т.е. переувлажненное состояние. Зона II представлена грунтами, имеющими в отдельные годы избыточное или неустойчивое водонасыщение. Зона III, самая южная по расположению, имеет грунты недостаточного водонасыщения.

На Азиатскую часть приходится 77% территории России. В этой части преобладает строительно-климатическая зона I, причем 79% ее территории занимают вечномерзлые грунты. В европейской части России вечномерзлые занимают 8,2 % территории, что обусловило первостепенное изучение процесса разработки талых и сезонно-мерзлых грунтов. Систематическое изучение вечномерзлых грунтов как материала, подлежащего разработке, начато в 70-е годы и связано с возрастанием объемов капитального строительства в Азиатской части России [8].

Определяющим фактором разработки и использования грунтов считают мерзлотно-грунтовые условия. Особенность вечномерзлых грунтов заключается в непрерывном изменении их температуры, и состава, и свойств. Свойства вечномерзлых грунтов зависят от климатических условий. В общем ряду сопротивляемости материалов разрушению вечномерзлые грунты занимают промежуточное положение между такими материалами, как бетон и сыпучие пески, используемые при строительстве трубопроводов для балластирования и для укрепления грунта [6].

## 2.2. Общие положения и особенности вечномерзлых грунтов

В результате действия отрицательных температур грунт с поверхности промерзает, превращаясь в мерзлый и вечномерзлый который в таком состоянии остается в течении многих лет.

Поверхностный слой грунта промерзает и оттаивает, такой слой обычно называют деятельным или слоем, промерзающим и оттаивающим сезонно, так как в нем происходят интенсивные процессы, а также проектируются объекты человеческой жизнедеятельности.

Различают деятельные слои, такие как перелетки (рис. 2, а), образующиеся в виде слоя мерзлого грунта небольшой толщины, чаще всего образующиеся при

изменении температуры ниже среднегодовой или изменении местных условий промерзания [9].

Сливающийся деятельный слой (рис. 4, б), когда грунт промерзает до верхней границы слоя вечномерзлого грунта, и несливающийся (рис 4, в), когда грунт не промерзает до указанной границы [9].

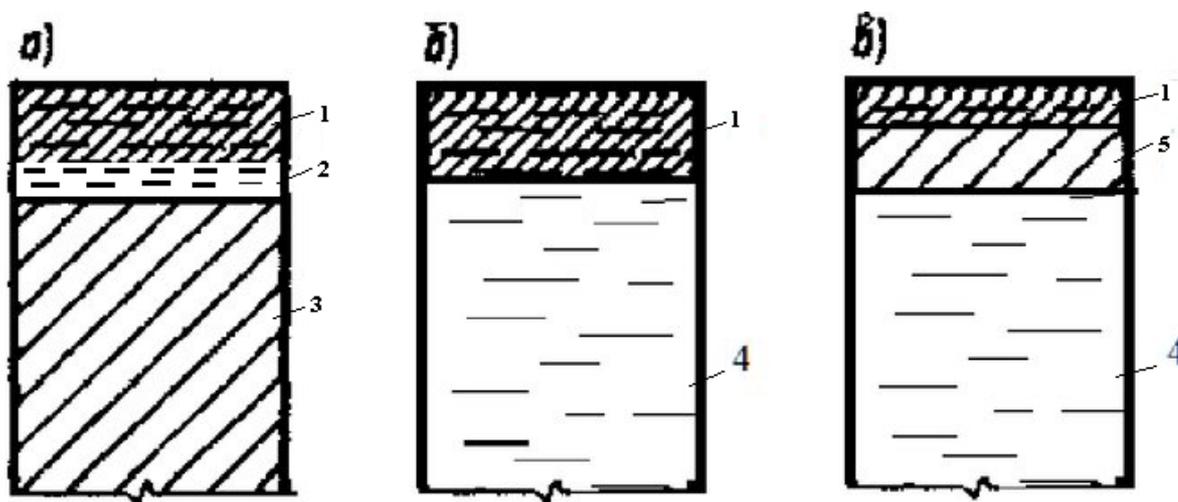


Рис. 4. Схема расположения слоев грунта

1- деятельный слой; 2 – перелеток; 3 - талый грунт; 4 - вечномерзлый грунт;  
5 - слой талого грунта, не промерзающего зимой.

Формы залегания и характер распространения вечномерзлых грунтов, значительной степени определяются местными условиями промерзания и среднегодовой температурой воздуха. В связи с этим в одном и том же районе разработки земляных работ этот слой может встречаться и может отсутствовать на других, что вызывает ряд специфических осложнений (которые рассмотрим, в следующем параграфе) и значительно влияют сроки эксплуатации объекта. При рассмотрении районов в направлении с юга на север отмечается увеличение мощности слоя вечномерзлых грунтов которая достигает в северных районах несколько сотен метров (см. таб. 1), а в южных районах распространения вечномерзлых бывают островными с толщиной 20...50 м.

Мерзлые и вечномерзлые грунты могут иметь слитную, слоистую и ячеистую (сетчатую) морозную (криогенную) текстуру (см. рис. 3).

Грунты со слитной морозной текстурой (рис. 5, а) содержат в себе преимущественно лед – цемент без больших включений, но редко имеются не большие включения льда в гнездообразном виде. В такой структуре характерны грунты с крупнообломочных, гравелистых и всех видов песков, кроме пылеватых. При малой влажности пылевато-глинистые грунты могут обладать слитной текстурой.

Слоистой морозной текстурой (рис. 5, б) могут обладать пылевато-глинистые грунты и пылеватые пески, находящиеся в вечномерзлом состоянии. Такая текстура встречается в частности в верхних слоях вечномерзлых грунтов до глубины 15...25 м и не реже на больших глубинах. Такая текстура образуется в ходе промерзания вод, мигрирующих с нижних водоносных горизонтов, а также сильно увлажненных грунтов. Следовательно, такая слоистая текстура имеет низкие показатели надежности при строительстве.

Ячеистая (сетчатая) морозная текстура (рис. 5, в) встречается если промерзания пылевато-глинистых грунтов образуется при сильно увлажненном состоянии, а также в свободном подтоке подтока воды, это характерна при сильном обводнении верхней образующей деятельного слоя.

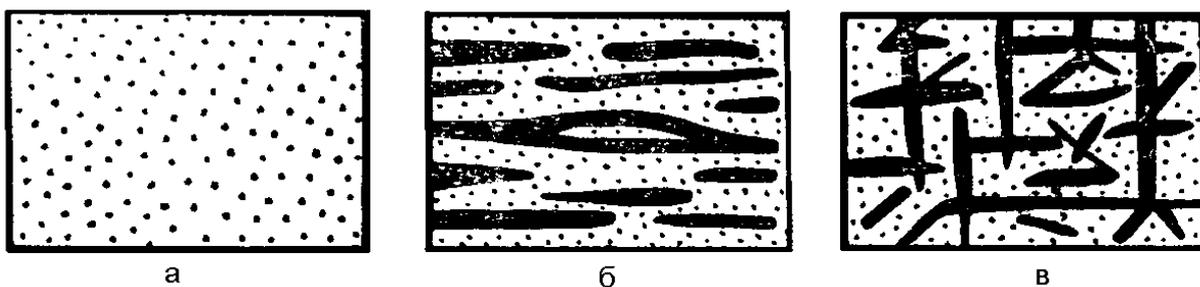


Рис. 5. Морозные текстуры грунта

Следует отметить, что льдинистое составляющая грунта оказывает значительное влияние на его строительные показатели, так как из-за линз и прослоек льда текстура мерзлого грунта неоднородна, и его механическая прочность уменьшается. Решения проблемы в сублимации избыточного содержания влаги в грунте.

### 2.3. Процессы, происходящие в слое сезонного промерзания и оттаивания

Значительные варьирования температур; промерзание и оттаивание грунтов; морозные пучения грунтов; формирования морозобойных трещин; миграция воды к границе промерзания; перемещение влаги под действием гидравлического градиента; солифлюкция (сползание грунта по склонам); оползни в поверхности.

Колебания температуры по глубине деятельного слоя и слоя многолетнемерзлого грунта нетрудно зафиксировать, наблюдая за температурой на различных глубинах в течение года в скважине. В самых верхних слоях наблюдаются наибольшие колебания температуры. Чем глубже слой, тем меньше колебания, и температура практически постоянна ниже некоторой границы. Эта граница называется границей нулевых амплитуд сезонных колебаний температуры [9].

На графике колебаний температуры можно наблюдать ход промерзания и оттаивания грунтов, которые залегают выше границы оттаивания. Таким образом, можно утверждать, что грунт промерзает преимущественно сверху.

Грунтовые наледи образуются при наличии всех видов подземных вод. При незначительном уклоне откоса местности надмерзлотные воды двигаются вниз по склону. Если грунт замерзнет до верхней границы многолетнемерзлого грунта быстрее, чем на другой оставшейся территории, покрытой растительностью и снегом, то между промерзшим слоем и слоем многолетнемерзлого грунта, в непромерзшем слое будут накапливаться грунтовые воды с увеличением давления. Промерзший слой может быть поднят под действием этого давления и сломан в слабо укрепленном месте. В силу этого вода начнет вытекать через трещину, после чего образуется грунтовая наледь. В некоторых случаях разрыва промерзшего слоя не происходит, но он поднимается вверх в виде холма, и под ним образуется линза льда [9].

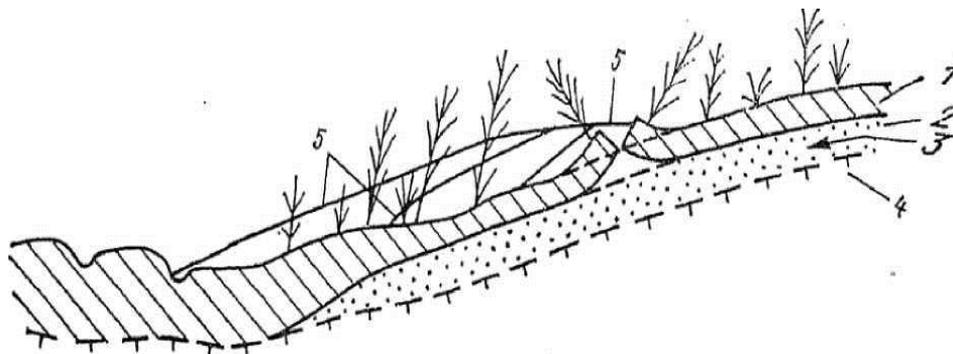


Рис. 6. Схема образования грунтовой наледи на склоне местности  
 1 - промерзший слой грунта; 2 - водоносный непромерзший слой грунта;  
 3-перемещающиеся по склону грунтовые воды; 4-слой вечномерзлого грунта;  
 5 - грунтовая наледь

В то же время изгибу промерзшего слоя препятствует момент, возникающий от действия его веса. Вследствие указанных причин, образующиеся в замерзшем слое трещины, поначалу имеют небольшую ширину раскрытия, после чего, по мере уменьшения температуры они получают развитие. Особенно неблагоприятно воздействие морозобойных трещин на линейные сооружения (трубопроводы, подземные кабели и др.) — оно приводит к их остановке производства

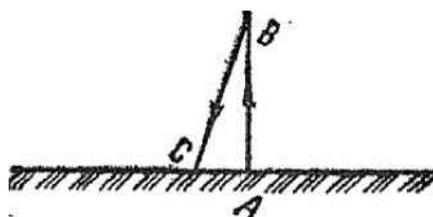


Рис. 7. Схема перемещения частицы  
 грунта, находящейся на поверхности  
 откоса

## 2.6. Основные способы сооружения трубопроводов

Технология сооружения трубопроводов в многолетнемерзлых грунтах и на заболоченных территориях весьма специфична. Прежде всего, возможный строительный период в этих местах наступает не летнее время, а с промерзанием деятельного слоя, т.е. с конца осени, и продолжается в зимний период и до начала весны.

Работы на трассе трубопровода начинаются, когда деятельный слой промерзает, на глубине не менее 0,6 метров делается, это во избежание повреждения мохорастительного покрова.

Значительным строительным недостатком многолетнемерзлых грунтов является изменчивость их несущей способности в очень широких пределах. При температуре ниже 0° С они удерживают весьма большие нагрузки без видимых деформаций, а при положительной температуре, их несущая способность уменьшается [7].

При цикле замораживание - оттаивание грунты вспучиваются, что ведет к разрушению трубопроводных конструкций, находящихся в таком грунте. При таком поведении грунта необходимо принять специальные защитные меры технологического характера. При отрицательных температурах окружающей среды многолетнемерзлые грунты представляют собой монолит скального типа, что дает возможность проведения работ любых строительного-монтажных машин, т.е. технология строительства линейной части трубопроводов такая же, как при нормальных условиях. При положительных температурах окружающей среды работы, связанные со строительством линейной части, останавливаются или производятся по технологии, применяемой на болотах.

В условиях Крайнего Севера обычно применяются две конструктивные схемы прокладки трубопроводов – подземная и надземная.

При подземной прокладке предусматривают укладку трубопровода в зимний период в траншею с закреплением в проектном положении трубы утяжелителями или анкерами. Утяжелители или анкера должны обеспечить компенсацию не только силы Архимеда, но и взвешивающего усилия, обусловленного продольной силой, действующего в трубопроводе. Однако надёжность трубопровода, утяжелённого пригрузами, невысока; грузы часто сваливаются и всплывают, а также требуют больших капиталовложений, так как расход железобетонных прочих утяжелителей очень велик.

Также возможна, укладка трубопроводов на поверхность грунта с закреплением утяжелителями и последующей обваловкой. Для повышения

эксплуатационной надёжности трубопровода применяется крепление труб дисковыми анкерами, вмороженными в грунт. Основным недостатком данного способа является загромождение территории и устройство переездов, а также создаются условия для большей снегозаносимости территории.

Надземный трубопровод сооружается на опорах, установленных в вечномёрзлый грунт. Расстояние между опорами определяется расчётом. Для компенсации продольных удлинений трубопровода на нём через определённое расстояние устанавливаются компенсаторы, которые могут быть горизонтальными или вертикальными. Этот способ более затратный чем наземный, и имеет значительные теплопотери в отсутствии снегового покрова и продуванию сильными ветрами, что требует дополнительных теплоизоляционных работ.

#### 4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Эксплуатационной надежностью трубопровода является его свойство выполнять заданные функции в течение требуемого промежутка времени с сохранением в установленных пределах всех характерных параметров. Указанная способность, в свою очередь, раскрывается через систему объективных критериев технического состояния трубопровода, обуславливающих его нормативную работоспособность в режиме активного воздействия эксплуатационных факторов. Таким образом, уровень эксплуатационной надежности определяется техническим состоянием трубопровода.

Целью раздела ресурсоэффективности и ресурсосбережения является определение перспективности и успешности, конкурентоспособности использования криогеля для укрепления грунта откосов и днищ траншей при строительстве и реконструкции трубопроводов в условиях Крайнего Севера, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

Для определения экономически выгодного способа необходимо произвести расчет затрат на проведение работ по укреплению грунта. Просчитаем два варианта укрепления грунта:

Вариант №1. Метод цементации при укреплении траншей;

Вариант №2. Укрепление грунта раствором криогеля.

Эксплуатационные затраты на проведение работ по укреплению грунта состоят из следующих элементов:

- затраты на материалы;
- амортизационные отчисления;
- затраты на оплату труда;
- отчисления во внешние фонды;
- прочие затраты.

#### 4. 1 Расчет продолжительности работ по укреплению грунта откосов и днищ траншей при строительстве и реконструкции трубопроводов

##### 4. 1. 1 Срок укрепления грунта методом цементации

Продолжительность работ по укреплению грунта определяется по формуле:

$$T_{\text{укр}} = (T_k - T_m - T_v) \cdot K_{\text{см}} = (93 - 9 - 28) \cdot 1 = 56 \text{ дн.},$$

где  $T_k$  – календарная продолжительность периода, зависит от материала инъекции, дни;

$T_m$  – простои по метеоусловиям, дни;

$T_v$  – количество выходных и праздничных дней в период работ, дни;

$K_{\text{см}}$  – коэффициент сменности для данной группы работ, дни.

Общая продолжительность работ по укреплению грунта методом цементации составила 56 дней.

##### 4. 1. 2 Расчет продолжительности работ по укреплению грунта криогелем

Продолжительность работ по укреплению грунта определяется по формуле:

$$T_{\text{укр}} = (T_k - T_m - T_v) \cdot K_{\text{см}} = (31 - 4 - 10) \cdot 1 = 17 \text{ дн.},$$

где  $T_k$  – календарная продолжительность периода, зависит от материала инъекции, дни;

$T_m$  – простои по метеоусловиям, дни;

$T_v$  – количество выходных и праздничных дней в период работ, дни;

$K_{\text{см}}$  – коэффициент сменности для данной группы работ, дни.

Общая продолжительность работ по укреплению грунта криогелем составила 17 дней.

#### 4. 2 Расчёт стоимости проведения работ по укреплению грунта методом цементации

Для проведения работ по укреплению грунта необходимы следующие

оборудования и материалы:

- Малогабаритный буровой станок ССТ Figaro 200 – 400;
- Высоконапорный насос Tecniwell TW352;
- Миксерная станция ССТ «Вихрь» 30;
- Цемент;
- Бак для воды – 5 штук;
- Компрессор Atlas Copco;
- Экскаватор погрузчик JCB 3СХ;
- Масло моторное;
- Дизельное топливо;
- Бензин АИ-92.

Весь процесс работ по строительству подводного перехода представлен в таблице 4.1

*Таблица 4.1 - Процесс укрепления грунта методом цементации*

Номер п/п	Используемое оборудование	Краткое описание работ
1.	Малогабаритный буровой станок ССТ Figaro 200 – 400	Пробурирование с обеих сторон траншеи скважин, диаметром 200 – 300 мм.
2.	Миксерная станция ССТ «Вихрь» 30; силос для цемента; бак для воды; цемент	Приготовление цементного раствора
3.	Высоконапорный насос Tecniwell TW352; компрессор Atlas Copco	Нагнетание цементного раствора в скважины
4.	Малогабаритный буровой станок ССТ Figaro 200 – 400; миксерная станция ССТ «Вихрь» 30; силос для цемента; высоконапорный насос Tecniwell TW352; компрессор Atlas Copco	Демонтаж оборудования

Длительность работ по методу цементирования - 56 дней, график работы

5 рабочих дней и 2 выходных;

#### 4. 2. 1 Расчет стоимости материалов для укрепления грунта методом цементации

К материальным расходам относятся затраты на приобретение:

а) сырья, основных и вспомогательных материалов, используемых в производственном процессе;

б) запасных частей, комплектующих изделий, тары и др.;

в) топлива, воды и энергии всех видов, используемых на производственные нужды и отопление;

г) работ и услуг производственного характера, выполняемых сторонними организациями или индивидуальными предпринимателями, а также собственными структурными подразделениями предприятия (организации) (транспортные услуги, контроль за соблюдением технологического процесса, техобслуживание основных фондов, средств связи, компьютерной техники и др.);

д) на содержание и эксплуатацию природоохранных сооружений.

Расчет производится на участке длиной 100 м. На 10 метров траншеи потребуется 1 тонна цемента. Следовательно, на 100 метров траншеи необходимо 10 тонн цемента. Стоимость 1 тонны цемента – 18000 рублей.

Расчет стоимости необходимых материалов производится по формуле:

$$S_{\text{мат}} = N_{\text{мат}} \cdot C_{\text{ед}},$$

Где  $S_{\text{мат}}$  – стоимость материала (руб.);

$N_{\text{мат}}$  – норма расхода материала (нат.ед);

$C_{\text{ед}}$  – цена за единицу материала (руб/нат.ед).

Материалы закупаются по рыночной цене, без каких-либо скидок. Расчет стоимости материалов на проведение работ по укреплению грунта можно свести в таблицу 4.2

Таблица 4.2 - Расчет стоимости материалов на проведение работ

Наименование материала	Норма расхода материала, нат.ед.	Цена за единицу руб/нат.ед.	Стоимость материалов, руб.
Цементный раствор, т	10	18000	180 000
Масло моторное, л	250	48,50	12 125
Дизельное топливо, л	3000	51,50	154 500
Бензин АИ-92, л	1000	52	52 000
<b>ИТОГО:</b>			<b>398 625</b>

#### 4. 2. 2 Расчет амортизационных отчислений по методу цементации

Сумма амортизации (амортизационных отчислений) рассчитывается исходя из начальной стоимости оборудования и срока его эксплуатации согласно паспорту. Амортизация для оборудования нефтегазовой области рассчитывается по линейному способу.

Расчет амортизационных отчислений производится по формуле:

$$K = \frac{1}{n} \cdot 100\%,$$

где К - норма амортизации в процентах к первоначальной стоимости объекта;

n - срок полезного использования объекта (в месяцах).

Расчет амортизационных отчислений можно свести в таблицу 4. 3

Таблица 4.3 - Расчет амортизационных отчислений

Наименование объекта основных фондов	Гарантийный срок эксплуатации (год)	Количество, шт.	Балансовая стоимость, млн. руб.		Сумма амортизации (56 дней), руб.
			одного объекта, руб.	Всего, руб.	
Миксерная станция ССТ «Вихрь» 30	10	4	1 200 000	4 800 000	73 643,8
Экскаватор погрузчик JCB 3CX	15	1	4 350 000	4 350 000	44 493,2

Малогобаритный буровой станок ССТ	20	2	5 670 000	11 340 000	86 991,8
Высоконапорный насос Tesniwell TW352	15	1	2 700 000	2700000	27 616,4
ИТОГО:		8			232 745,2

#### 4. 2. 3 Расчет заработной платы по методу цементации

К расходам на оплату труда относятся:

- суммы, начисленные по тарифным ставкам, должностным окладам, сдельным расценкам или в процентах от выручки от реализации продукции (работ, услуг) в соответствии с принятыми на предприятии (организации) формами и системами оплаты труда;

- премии за производственные результаты, надбавки к тарифным ставкам и окладам за профессиональное мастерство и др.;

- начисления стимулирующего или компенсирующего характера - надбавки за работу в ночное время, в многосменном режиме, совмещение профессий, работу в выходные и праздничные дни и др.;

- надбавки по районным коэффициентам, за работу в районах Крайнего Севера и др.

- суммы платежей (взносов) работодателей по договорам обязательного и добровольного страхования.

Расчет заработной платы можно свести в таблицу 4.4

*Таблица 4.4 - Расчет заработной платы сотрудников за выполненную работу методом цементации*

№ п/п	Должность	Числ.	Продолжительность работы, дн.	Заработная плата в месяц с районным коэффициентом 1.7, северными надбавками 1.5, прочие. руб.	Заработная плата за весь период работы, руб.
1	Начальник	1	56	110 000	198 000
2	Мастер	2	56	80 000	288 000

3	Оператор	1	56	100 000	180 000
4	Машинист буровой установки	1	56	80 000	144 000
6	Лаборант химического анализа 5-го разряда	4	56	42 000	302 400
7	Машинист экскаваторщик	1	56	60 000	108 000
8	Линейный трубопроводчик	8	56	60 000	864 000
				Итого	2 084 400

#### 4. 2. 4 Расчет отчислений во внебюджетные фонды (страховые отчисления) по методу цементирования

Согласно Приказу Министерства труда и социальной защиты РФ от 25.12.12 N 625н рассчитывается страховой тариф.

*Таблица 4.5 - Тарифы на социальные отчисления*

Фонд	Размер взноса от зарплаты, %
Пенсионный фонд	22
Фонд медицинского страхования	5,1
Фонд социального страхования	2,9
Страхование от несчастных случаев и производственных заболеваний (класс 1)	0,2

Расчет отчислений во внебюджетные фонды можно свести в таблицу

*Таблица 4.6 - Отчисления во внебюджетные фонды*

Наименование выплат	Должность	Сумма, руб.
	Начальник	59 796

Отчисления во внебюджетные фонды	Мастер	86 976
	Оператор	54 360
	Машинист буровой установки	43 488
	Лаборант химического анализа 5-го разряда	91 324,8
	Машинист экскаваторщик	32 616
	Линейный трубопроводчик	260 928
	Итого:	629 488,8

#### 4. 2. 5 Затраты на проведение организационно-технического мероприятия по методу цементации

*Таблица 4.7 - Затраты на проведения организационно-технического мероприятия*

Номер	Состав затрат	Сумма затрат, руб.	Примечание
1.	Затраты на заработную плату	2 084 400	Таблица 4.4
2.	Отчисления во внебюджетные фонды	629 488,8	Таблица 4.6
3.	Затраты на материалы	398 625	Таблица 4.2
4.	Амортизационные отчисления	232 745,2	Таблица 4.3
5.	Итого основные расходы	3 345 259	
6.	Накладные расходы (16% от основных)	535 241,44	
7.	Всего затраты на мероприятие	3 880 500,44	

#### 4. 3 Расчёт стоимости проведения работ по укреплению грунта с использованием криогеля

Для проведения работ по укреплению грунта необходимы следующие оборудования и материалы:

- Малогабаритный буровой станок ССТ Figaro 200 – 400;
- Высоконапорный насос Tecniwell TW352;
- Миксерная станция ССТ «Вихрь» 30;
- Бак для воды – 5 штук;
- Компрессор Atlas Copco;
- Экскаватор погрузчик JCB 3CX;

- Масло моторное;
- Дизельное топливо;
- Бензин АИ-92.

Весь процесс работ по строительству подводного перехода представлен в таблице 4.8

*Таблица 4.8 - Процесс укрепления грунта криогелем*

Номер п/п	Используемое оборудование	Краткое описание работ
1.	Малогабаритный буровой станок ССТ Figaro 200 – 400	Пробуривание с обеих сторон траншеи скважин, диаметром 200 – 300 мм.
2.	Миксерная станция ССТ «Вихрь» 30; бак для воды; криогель	Приготовление криотропного раствора
3.	Высоконапорный насос Tecniwell TW352; компрессор Atlas Copco	Нагнетание раствора криогеля в скважины
4.	Малогабаритный буровой станок ССТ Figaro 200 – 400; миксерная станция ССТ «Вихрь» 30; высоконапорный насос Tecniwell TW352; компрессор Atlas Copco	Демонтаж оборудования

Длительность работ укрепления грунта криогелем - 17 дней, график работы 5 рабочих дней и 2 выходных;

#### 4. 3. 1 Расчет стоимости материалов для укрепления грунта криогелем.

К материальным расходам относятся затраты на приобретение:

- а) сырья, основных и вспомогательных материалов, используемых в производственном процессе;
- б) запасных частей, комплектующих изделий, тары и др.;
- в) топлива, воды и энергии всех видов, используемых на производственные нужды и отопление;

г) работ и услуг производственного характера, выполняемых сторонними организациями или индивидуальными предпринимателями, а также собственными структурными подразделениями предприятия (организации) (транспортные услуги, контроль за соблюдением технологического процесса, техобслуживание основных фондов, средств связи, компьютерной техники и др.);

д) на содержание и эксплуатацию природоохранных сооружений.

Расчет производится на участке длиной 100 м. На 1 километр траншеи потребуется 0,5 тонн криогеля. Следовательно, на 100 метров траншеи необходимо 50 кг криогеля. Стоимость 1 кг криогеля – 65 рублей.

Расчет стоимости необходимых материалов производится по формуле:

$$S_{\text{мат}} = N_{\text{мат}} \cdot C_{\text{ед}},$$

Где  $S_{\text{мат}}$  – стоимость материала (руб.);

$N_{\text{мат}}$  – норма расхода материала (нат.ед);

$C_{\text{ед}}$  – цена за единицу материала (руб/нат.ед).

Материалы закупаются по рыночной цене, без каких-либо скидок. Расчет стоимости материалов на проведение работ по укреплению грунта можно свести в таблицу 4.9

*Таблица 4.9 - Расчет стоимости материалов на проведение работ*

<i>Наименование материала</i>	<i>Норма расхода материала, нат.ед.</i>	<i>Цена за единицу руб/нат.ед.</i>	<i>Стоимость материалов, руб.</i>
Раствор криогеля, т	0,05	65000	3 250
Масло моторное, л	250	48,50	12 125
Дизельное топливо, л	3000	51,50	154 500
Бензин АИ-92, л	1000	52	52 000
<b>ИТОГО:</b>			<b>221 875</b>

#### 4. 3. 2 Расчет амортизационных отчислений по методу укрепления грунта криогелем

Сумма амортизации (амортизационных отчислений) рассчитывается

исходя из начальной стоимости оборудования и срока его эксплуатации согласно паспорту. Амортизация для оборудования нефтегазовой области рассчитывается по линейному способу.

Расчет амортизационных отчислений производится по формуле:

$$K = \frac{1}{n} \cdot 100\%,$$

где К - норма амортизации в процентах к первоначальной стоимости объекта;

n - срок полезного использования объекта (в месяцах).

Расчет амортизационных отчислений можно свести в таблицу 4. 10

*Таблица 4.10 - Расчет амортизационных отчислений*

Наименование объекта основных фондов	Гарантийный срок эксплуатации (год)	Количество, шт.	Балансовая стоимость, млн. руб.		Сумма амортизации (17 дней), руб.
			одного объекта, руб.	Всего, руб.	
Миксерная станция ССТ «Вихрь» 30	10	4	1 200 000	4 800 000	22 356,2
Экскаватор погрузчик JCB 3CX	15	1	4 350 000	4 350 000	13 506,8
Малогабаритный буровой станок ССТ	20	2	5 670 000	11 340 000	26 408, 2
Высоконапорный насос Tecnipwell TW352	15	1	2 700 000	2700000	8 383,6
ИТОГО:		8			70 654,8

#### 4. 3. 3 Расчет заработной платы по методу укрепления грунта криогелем

К расходам на оплату труда относятся:

- суммы, начисленные по тарифным ставкам, должностным окладам, сдельным расценкам или в процентах от выручки от реализации продукции (работ, услуг) в соответствии с принятыми на предприятии (организации) формами и системами оплаты труда;

- премии за производственные результаты, надбавки к тарифным ставкам

и окладам за профессиональное мастерство и др.;

- начисления стимулирующего или компенсирующего характера - надбавки за работу в ночное время, в многосменном режиме, совмещение профессий, работу в выходные и праздничные дни и др.;

- надбавки по районным коэффициентам, за работу в районах Крайнего Севера и др.

- суммы платежей (взносов) работодателей по договорам обязательного и добровольного страхования.

Расчет заработной платы можно свести в таблицу 4.11

Таблица 4.11 - Расчет заработной платы сотрудников за выполненную работу укрепления грунта криогелем

№ п/п	Должность	Числ.	Продолжительность работы, 17 дн.	Заработная плата в месяц с районным коэффициентом 1.7, северными надбавками 1.5, прочие. руб.	Заработная плата за весь период работы, руб.
1	Начальник	1	17	110 000	62 333,3
2	Мастер	2	17	80 000	90666,67
3	Оператор	1	17	100 000	56666,67
4	Машинист буровой установки	1	17	80 000	45333,33
6	Лаборант химического анализа 5-го разряда	4	17	42 000	95200
7	Машинист экскаваторщик	1	17	60 000	34000

8	Линейный трубопроводчик	8	17	60 000	272000
				Итого	656200

4. 3. 4 Расчет отчислений во внебюджетные фонды (страховые отчисления) по методу укрепления грунта криогелем

Согласно Приказу Министерства труда и социальной защиты РФ от 25.12.12 N 625н рассчитывается страховой тариф.

*Таблица 4.12 - Тарифы на социальные отчисления*

Фонд	Размер взноса от зарплаты, %
Пенсионный фонд	22
Фонд медицинского страхования	5,1
Фонд социального страхования	2,9
Страхование от несчастных случаев и производственных заболеваний (класс 1)	0,2

Расчет отчислений во внебюджетные фонды можно свести в таблицу

*Таблица 4.13 - Отчисления во внебюджетные фонды*

Наименование выплат	Должность	Сумма, руб.
Отчисления во внебюджетные фонды	Начальник	18824,67
	Мастер	27381,33
	Оператор	17113,33
	Машинист буровой установки	13690,67
	Лаборант химического анализа 5-го разряда	28750,4
	Машинист экскаваторщик	10268
	Линейный трубопроводчик	82144
	Итого:	198172,4

4. 3. 5 Затраты на проведение организационно-технического мероприятия по методу укрепления грунта криогелем

*Таблица 4.14 - Затраты на проведения организационно-технического мероприятия*

Номер	Состав затрат	Сумма затрат, руб.	Примечание
1.	Затраты на заработную плату	656 200	Таблица 4.4
2.	Отчисления во внебюджетные фонды	198 172,4	Таблица 4.6
3.	Затраты на материалы	221 875	Таблица 4.2
4.	Амортизационные отчисления	70 654,8	Таблица 4.3
5.	Итого основные расходы	1 146 902,2	
6.	Накладные расходы (16% от основных)	183 504,352	
7.	Всего затраты на мероприятие	1 330 406,55	

По проведенным расчетам можно сделать вывод, что экономически выгоднее произвести укрепление грунта криогелем (вариант №2), стоимость его составляет 1 330 406,55 руб., стоимость укрепления грунта методом цементации составляет 3 880 500,44 руб., помимо экономической выгоды, укрепление грунта криогелем занимает 17 дней, а при укреплении грунта методом цементации - 56 дней.

## 5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ПРИ УКРЕПЛЕНИИ ГРУНТА ОТКОСОВ И ДНИЩ ТРАНШЕЙ ТРУБОПРОВОДА В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

Социальная ответственность или корпоративная социальная ответственность (как морально-этический принцип) - ответственность перед людьми и данными им обещаниями, когда организация учитывает интересы коллектива и общества, возлагая на себя ответственность за влияние их деятельности на заказчиков, поставщиков, работников, акционеров (ГОСТ Р ИСО 26000-2012).

Рабочим местом является укрепление грунта при строительстве и реконструкции трубопроводов в условиях Крайнего Севера. Работа осуществляется методом нагнетания криогеля в скважины, пробуренных наклонно с двух сторон траншеи. Рабочее место и взаимное расположение всех его элементов должно соответствовать антропометрическим, физическим и психологическим требованиям. Большое значение имеет также характер работы. В частности, при организации рабочего места под укрепление грунта должны быть соблюдены все основные условия.

Целью раздела «Социальная ответственность» является анализ вредных и опасных факторов труда работников на объекте укрепления грунта. В разделе также рассматриваются вопросы техники безопасности, пожарной профилактики и охраны окружающей среды, даются рекомендации по созданию оптимальных условий труда.

### 5. 1 Профессиональная и социальная безопасность

Для целостного представления об источниках вредностей и опасностей и всех основных выявленных вредных и опасных факторах на рабочем месте, ниже представлена таблица 1.1 «Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы при выполнении работ по укреплению грунта откосов и днищ траншей при строительстве и реконструкции трубопроводов в условиях Крайнего Севера».

Идентификация потенциальных опасных и вредных производственных

факторов (ОВПФ) проводится с использованием «Классификации вредных и опасных производственных факторов по ГОСТ 12.0.003-74 (с измен. № 1, октябрь 1978 г., переиздание 1999 г.). Название вредных и опасных производственных факторов в работе соответствуют приведенной классификации. Определены название характерных видов работ и вредных производственных факторов (ОВПФ).

*Таблица 5.1 - Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы при выполнении работ по укреплению грунта при строительстве и реконструкции трубопроводов*

Наименование видов работ	Факторы (ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ с измен. 1999 г.)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1	2	3	4
Полевые работы: 1) Установка бурового инструмента; 2) бурение скважины небольшого размера по заданной траектории; 3) Нагнетание криогеля в грунт	1) Превышение уровней шума;  2) Отклонение показателей климата на открытом воздухе;  3) Тяжесть и напряженность физического труда;	1) Электрический ток;  2) Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования (в т.ч. грузоподъемные);  3) Электрический ток;	СНиП 12-03-2001 СНиП 12-04-2002 ГОСТ 12.0.003-74. (с изм. 1999 г.) ГОСТ 12.1.005-88 ГОСТ 12.1.012-2004 ГОСТ 12.1.038-82 ГОСТ 12.2.003-91 ГОСТ 12.3.009-76 ГОСТ 12.4.125-83 ГОСТ 17.1.3.06-82 СНиП 2.06.14-85 СанПиН 2.2.4.1191-03 Р 2.2.2006-05

### 5.1.1 Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению

Персонал, укрепляющий грунт откосов и днищ траншей трубопроводов методом нагнетания криогеля в грунт подвержены воздействию следующих вредных факторов (табл. 5.1).

#### 1. Превышение уровней шума

Шум - это беспорядочное сочетание звуков различной частоты. Источниками шума на объектах укрепления грунта могут стать машины для проведения земляных работ (буровые установки, экскаваторы, трубоукладчики).

Длительное воздействие шумов отрицательно сказывается на эмоциональном состоянии персонала, а также может привести к снижению слуха.

Действие шума различно: затрудняет разборчивость речи вызывает необратимые изменения в органах слуха человека, повышает утомляемость. Предельно допустимые значения (до 80 децибел), характеризующие шум, регламентируются согласно ГОСТ 12.1.003-83. Допустимые уровни звукового давления и эквивалентного уровня звука приведены в таблице 5.2.

*Таблица 5.2 - Допустимые уровни звукового давления и эквивалентного уровня звука*

Рабочие места	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц										Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
Постоянные рабочие места и рабочие зоны в производственных помещениях и на территории предприятий	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80	

Основные методы борьбы с шумом на объекте:

- снижение шума бурового инструмента (применение звукоизолирующих средств);

- средства индивидуальной защиты (СИЗ):

- наушники;

- соблюдение режима труда и отдыха;

2. Отклонение показателей климата на открытом воздухе.

Климат представляет комплекс физических параметров воздуха, влияющих на тепловое состояние организма. К ним относят температуру, влажность, скорость движения воздуха, интенсивность радиационного излучения солнца, величину атмосферного давления. Максимальная температура в Мирнинском районе Республики Саха (Якутия) составляет в среднем +25С. Работать при такой температуре не запрещено.

Так как рассмотренное выше строительство и реконструкция трубопровода запланировано в летний период, то возможны перегревания организма. Повышенная температура воздуха рабочей среды характерна также для выполнения буровых работ.

Нормирование параметров на открытых площадках не производится, но определяются конкретные мероприятия по снижению неблагоприятного воздействия их на организм рабочего. Работающие на открытой территории в зимний и летний периоды года в каждом из климатических регионов должны быть обеспечены спецодеждой:

- костюм от защиты от воды из синтетической ткани с пленочным покрытием;

- комбинезон для защиты от токсичных веществ и пыли из нетканых материалов;

- костюм противоэнцефалитный;

- футболка;

- ботинки кожаные с жестким подноском или сапоги кожаные с жестким подноском;

- сапоги резиновые с жестким подноском или сапоги болотные с жестким подноском;
- нарукавники из полимерных материалов;
- перчатки с полимерным покрытием;
- перчатки резиновые или из полимерных материалов;
- каска защитная;
- подшлемник под каску;
- очки защитные;
- маска или полумаска со сменными фильтрами.

### 3. Тяжесть и напряженность физического труда.

В связи с большой протяженностью и удаленностью газопровода от населенных пунктов, работникам длительное время приходится проводить в командировках, что сопровождается тяжелым и напряженным физическим трудом.

Тяжелый и напряженный физический труд может повлиять на общее самочувствие рабочего и привести к развитию различных заболеваний.

У людей, занятых тяжелым и напряженным физическим трудом, должен быть восьмичасовой рабочий день с обеденным перерывом (13— - 14—) и периодическими кратковременными перерывами, а также должна быть увеличена заработная плата и продолжительность отпуска.

### 5.1.2 Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению

Опасными производственными факторами называются факторы, способные при определенных условиях вызывать острое нарушение здоровья и гибели человека.

#### 1. Электрический ток.

Опасность повреждения работника электрическим током в нефтегазовой отрасли, в частности строительстве и реконструкции трубопровода существует при сварочных работах.

Безопасное напряжение при таких работах составляет 12 В.

Повреждение электрическим током, электрической дугой может произойти по нескольким случаям:

- При прикосновении человеком незащищенных частей токоведущих частей, корпуса различных электрических устройств, оказавшиеся под напряжением в следствии замыкания;

- При однофазном, т.е. однополюсном контакте человека с землей и токоведущей частью (при создании человеком искусственного контакта «токоведущая часть - земля»).

Электрический ток крайне негативно влияет на организм человек, а именно:

- поражает кожные, слизистые покровы человеческого тела;
- поражает центральную нервную систему;
- поражает внутренние органы, оставляет необратимые последствия в работе таких органов как сердце, почки, печень.

Защита от электрического тока в организациях нефтегазовой промышленности делится на два типа:

Первый тип - коллективная защита:

- применение различных плакатов, знаков безопасности для визуального предупреждения работников об опасности поражения электрическим током;
- изоляция открытых участков токоведущих частей электроустройств;
- установка заземления согласно ГОСТ 12.1.030-81;
- установка ограждения к установкам работающих при помощи электричества.

Второй тип - индивидуальная защита:

- применение работником средств индивидуальной защиты (диэлектрических ботов, перчаток);
- использование различных диэлектрических ковров в работах, связанных с установкой, ремонтом, обслуживанием электроустановок;

Мероприятия по созданию благоприятного условия при работах на электроустановках:

- проведение инструктажей рабочему персоналу;
- проведение аттестации по знаниям безопасности при работах на электроустановках по категориям;

- Соблюдения работниками правил безопасности.

2. Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования (в т.ч. грузоподъемные).

Все движущиеся машины и механизмы на производстве нефтегазовой промышленности, могут стать причиной различного рода телесных повреждений работника отрасли. Так как машины, оборудования представляют собой достаточно небезопасные устройства, в которых участвуют различные подвижные элементы, можно предположить, что повреждения, которые они влекут за собой могут быть достаточно серьезными для человека. При автоматизированном производстве, т.е. без участия человека, возникает риск неожиданных движений оборудования без ведома работника.

Ситуации, связанные с такими несчастными случаями, влекут за собой летальные исходы (смерть), серьезные телесные повреждения (переломы, ушибы), а также материальные убытки (поломка устройств, механизмов, приборов).

Меры по предупреждению таких ситуаций выполняются в виде:

- установок ограждений на периметре работающих установок, оборудования;

- использование работниками средств индивидуальной защиты;

- использование оборудования, находящихся в списке реестра используемых устройств организации.

Данный вид опасных факторов регламентируется и контролируется ГОСТ 12.0.003-74\*.

3. Электрическая дуга и металлические искры при сварке.

При дуговой сварке используют источники тока с напряжением холостого хода от 45 до 80 В, при постоянном токе от 55 до 75 В, при переменном токе от 180 до 200 В при плазменной резке и сварке. Поэтому источники питания

оборудуются автоматическими системами отключения тока в течение 0,5 ... 0,9 с при обрыве дуги. Человеческое тело обладает собственным сопротивлением и поэтому безопасным напряжением считают напряжение не выше 12 В. Существует опасность поражения электрическим током.

При работе в непосредственном контакте с металлическими поверхностями следует соблюдать следующие правила техники безопасности:

- 1) Надежная изоляция всех токоподводящих проводов от источника тока и сварочной дуги.
- 2) Надежное заземление корпусов источников питания сварочной дуги.
- 3) Применение автоматических систем прерывания подачи высокого напряжения при холостом ходе.
- 4) Надежная изоляция электрододержателя для предотвращения случайного контакта с токоведущими частями электрододержателя с изделием.
- 5) При работе в замкнутых помещениях (сосудах) кроме спецодежды следует применять резиновые коврики (калоши) и источники дополнительного освещения.
- 6) Не допускается контакт рабочего с клеммами и зажимами цепи высокого напряжения.

Поражение лучами электрической дуги. Сварочная дуга является источником световых лучей, яркость которых может вызывать ожоги незащищенных глаз при облучении их всего в течение 10 ... 15 с. Более длительное воздействие излучения дуги может привести к повреждению хрусталика глаза и полной потере зрения. Ультрафиолетовое излучение вызывает ожоги глаз и кожи (подобно воздействию прямых солнечных лучей), инфракрасное излучение может вызвать помутнение хрусталика глаза.

Должны применяться средства индивидуальной защиты глаз, лица (открытые защитные очки сварщика, закрытые защитные очки сварщика, защитные лицевые щитки сварщика) согласно ГОСТ Р 12.4.238-2007.

## 5.2 Экологическая безопасность

Для организации охраны окружающей среды от негативного воздействия проектируемых работ первоочередной задачей является определение конкретных источников негативного воздействия на основные элементы окружающей природной среды рассматриваемой территории - на земельные ресурсы, растительность, атмосферный воздух.

В таблице 5.3 представлены источники негативного воздействия и природоохранные мероприятия

*Таблица 5.3 - Вредные воздействия на окружающую среду и природоохранные мероприятия при выполнении работ по укреплению грунта*

Природные ресурсы и компоненты ОС	Вредные воздействия	Природоохранные мероприятия
Земля и земельные ресурсы	Разрушение грунтов	Рациональное планирование мест и сроков проведения работ. Соблюдения нормативов отвода земель. Рекультивация земель.
	Загрязнение почвы химреагентами и др.	Предусмотреть сбор отходов, места и условия их временного хранения, вывоз для утилизации, уничтожения, захоронения остатков химреагентов, мусора, загрязненной земли согласно ФЗ от 24.06.1998 (ред. от 29.12.2015)
	Засорение почвы производственными отходами	Вывоз и захоронение производственных отходов согласно ФЗ от 24.06.1998 (ред. от 29.12.2015)
Лес и лесные ресурсы	Уничтожение, повреждение и загрязнение почвенного покрова	Мероприятия по охране почв ГОСТ 17.4.3.04-85
	Лесные пожары	Уборка и уничтожение порубочных остатков и другие меры ухода за лесосекой согласно

### 5. 3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайные ситуации на объектах строительства подводного перехода трубопроводов могут возникнуть по разным причинам, некоторые из них:

- различного рода пожары;
- ЧС техногенного характера.

Аварии могут привести к необратимым последствиям. Аварии возникают в следствии:

- неправильных действий персонала при строительстве;
- отказ устройств предупреждения опасных ситуаций (приборы контроля, сигнализации);
- разрушение оборудования вследствие старения металла;
- коррозия оборудования;
- ураганы, удары молнией и т.п.

Одним из примеров чрезвычайной ситуации может послужит пожар на рабочем месте, т.е. на газоопасных объектах, объектах строительства трубопровода. Данный пожар относится к чрезвычайной ситуации техногенного характера.

Источниками возникновения возгорания могут быть различные устройства, работающие на электричестве. В таких устройствах при некоторых истечениях обстоятельств (перегрев элементов, электрические искры, дуги и т.д.) могут возникнуть опасные моменты возгорания. Источники взрыва - трубопроводы под давлением, газовые баллоны, сосуды, заполненные взрывоопасным веществом.

Результатами поражения открытым пламенем человека может привести к летальному исходу, поражению кожных покровов тела, поражения волосяных покровов.

По санитарным нормам, концентрация паров газа и продуктов переработки нефти в рабочей зоне не должна превышать  $100 \text{ мг/м}^3$ , при проведении работ в газоопасных зонах, с применением средств защиты органов дыхания, не должна превышать предельную концентрацию взрывоопасности

для паров нефти в 2100 мг/м<sup>3</sup>.

При производстве работ по укреплению грунта при строительстве и реконструкции трубопроводов, необходимо руководствоваться нормативными документами:

- ГОСТ 12.1.004-91;

А также необходимо руководствоваться другими нормативно - техническими документами, которые установлены в порядке региональных норм и правил, регламентирующих требования пожарной безопасности.

Подрядчик работ отвечает за пожарную безопасность на объекте строительства в течение всего времени оговоренного контракта.

Ответственных за пожарную безопасность назначает руководитель объекта. Персональная ответственность возлагается на руководителей объекта в соответствии с действующими законодательствами.

Все работники независимо от стажа и вида работ допускаются к работе после прохождения противопожарного инструктажа, а при изменении службы, специфики работ, должны пройти дополнительное обучение по тушению и предупреждению пожаров в местах проведения работ в порядке, установленном руководителем работ.

Силовые блоки, буровая установка, электростанции, насосные станции, служебно-бытовые и производственно-складские помещения, а также территория местоположения указанных помещений обязаны обеспечиваться первичными средствами пожаротушения.

Площадка буровых работ должна быть укомплектована следующими первичными средствами пожаротушения - таблица 5.4.

*Таблица 5.4 - Первичные средства пожаротушения*

Наименование	Количество	
	Буровой комплекс	Территория занятая зданиями и сооружениями (каждые 5000 м <sup>2</sup> )
Огнетушители ручные воздушно-пенные	3	2

Огнетушители углекислотные (порошковые)	4	1
Ящики с песком (1 м <sup>3</sup> )	2	1
Ведро	2	2
Асбестовые полотна, кошма, войлок	1	1
Штыковые лопаты	4	2
Топоры	2	2
Ломы	2	2
Багры	2	2

На территории проведения работ должны изготавливаться различного рода пожарные щиты для установки ломов, лопат, топоров, ведер, огнетушителей, багров, которые в свою очередь должны быть легкодоступными и располагаться в видных местах. По конструкции ящики для песка должны быть удобными для использования, извлечения песка и защищенными от попадания осадков. Ящик должен быть укомплектован совком и лопатой, перед заполнением ящика песок должен быть просушен и просеян. Асбестовая ткань, кошма, войлок, должны храниться в металлических упаковках с крышками. Все объекты пожаротушения окрашиваются в соответствии с требованиями ГОСТ 12.4.026-76.

Работодатель обязан обеспечить объект средствами пожаротушения, а работник в свою очередь должен пройти обучение по работе с такими средствами.

Специализированная техника (тракторы, автомашины, буровой инструмент) укомплектовывается различными ручными порошковыми, углекислотными огнетушителями.

На участке производства буровых работ должны выделяться специальные места для курения, которые в свою очередь оборудованы урнами для окурков.

Пропитанные маслом, дизельным топливом, бензином материалы должны собираться в специальные металлические тары (бачки, ящики) с плотной крышкой. По окончании работ тара с использованным материалом должна

транспортироваться в места утилизации.

#### 5.4 Законодательное регулирование проектных решений

В соответствии с законодательными с законодательным регулированием РФ, на рабочих участках с вредными и опасными условиями труда, работодатель в свою очередь обязан обеспечить работника средствами, специализированными под данный вид работы, согласно типовым отраслевым нормам (СИЗ, репелленты и т.д.) «Правила обеспечения работников специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты». Работники без средств индивидуальной защиты, касок защитных и других необходимых средств защиты к работам не допускаются.

Также работодатель обязан обеспечить коллектив работников при строительстве объекта транспорта углеводородного сырья всеми необходимыми санитарно-бытовыми помещениями (склады для материалов, гардеробы, душевые, сушилки для одежды, помещения для отдыха, приема пищи и проч.) согласно строительным нормам и правилам, коллективному договору, тарифному соглашению.

В документах о решениях по организации прописываются: форма организации труда (бригадный, вахтовый, экспедиционно-вахтовый и т.д.); режим труда; режим отдыха; состав бригад.

При описании режимов труда: указывается продолжительность смены, вахты, количество смен в месяц, трудовой распорядок дня, часы начала рабочего дня, часы окончания рабочего дня, сменные перерывы на отдых, перерывы на прием пищи.

При строительстве переходов в экстремальных погодных условиях (повышенные или пониженные температуры) работодатель должен обеспечить работников дополнительными средствами индивидуальной защиты от холода или жары, дополнительными санитарно-бытовыми помещениями для обогрева, дополнительным временем приема пищи для восстановления.

Подготовка санитарно-бытовых помещений и устройств должны быть закончены до начала строительных работ, и отвечать всем стандартам

сообщества. При реконструкции старых существующих санитарно-бытовых помещений необходимо учитывать новые правила обустройства помещений, особенности местности проведения работ, количество работников в бригаде, оснастить всеми необходимыми средствами для комфортного отдыха. Производственные участки территории, рабочие места должны быть оснащены необходимыми средствами индивидуальной, коллективной защиты, средствами пожаротушения, линиями связи, сигнализациями и другими необходимыми средствами обеспечивающих безопасные и надежные условия труда строительному персоналу в соответствии с нормативными документами. Все объекты санитарно-бытовых, производственных помещений, места отдыха, проходы, рабочие места должны быть расположены на безопасных расстояниях за пределами опасных зон. На действующих опасных зонах при производстве должны быть установлены защитные ограждения, не позволяющие работнику без надобности проникнуть в эту зону. В потенциально опасных зонах устанавливаются сигнальные ограждения, знаки безопасности.

Проезды, переходы на территории производства не должны быть загромождены, замусорены. Рабочие участки должны всегда содержаться в чистоте и порядке, периодически очищаться от мусора, хлама, ненужных для производства объектов.

Находясь на территории производства (санитарно-бытовых помещениях, производственных помещениях участках работ и т.д.), работник, а также представители других организаций обязаны выполнять все требования внутреннего трудового распорядка организации. По всей территории, рабочие места должны быть обеспечены средствами связи.

Все помещениях организации должны быть оборудованы согласно принятым нормативным документам, санитарно-бытовые помещения иметь в наличии аптечки, носилки, шины и другие средства первой и основной медицинской помощи пострадавшему на объекте строительства трубопровода. В соответствии с законодательством РФ работодатель обязан должным образом провести расследование в отношении произошедших несчастных случаев на

производстве в порядке, установленном Положением, утвержденным постановлением Российской Федерации от 11 марта 1999 г. № 279. По установленным причинам, должны быть проведены и разработаны мероприятия по предупреждению таких ситуаций производственного травматизма, профзаболеваний.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам проделанной работы можно сделать следующие выводы:

В зонах распространения вечномерзлых грунтов сосредоточены более 80 % запасов нефти, и 70 % газа.

Строительство в сложных природно-климатических условиях нарушает естественный температурный режим грунта, что впоследствии приводит процессам осложняющих надежную эксплуатацию промышленных объектов.

Существующие способы закрепления трубопроводов, трудоемкие и требуют значительных капиталовложений, а также при циклах промерзания-оттаивания материалы разрушаются и практически не применяются.

Рассмотренный криогель, на основе поливинилового спирта обладает хорошей адгезией с грунтом и низким коэффициентом теплопроводности, что является значительным преимуществом перед остальными материалами используемые в низких температурах.

Предварительное построение модели в программном комплексе Ansys показывает улучшения напряженно-деформированного состояния трубопровода, что говорит, о перспективе применения криогеля для закрепления слабых грунтовых оснований, которые могут обладать улучшенными механическими свойствами. Стоит заметить, что данная модель не дает полной картины взаимодействия криогеля с грунтом и требует более детального исследования схемы закрепления трубопровода с учетом всех физико-механических свойств грунта.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. СНиП II-7-81 Строительство в сейсмических районах (С Изменениями и дополнениями)
2. СНиП 23-01-99 Строительная климатология (с Изменением N 1)
3. СНиП 2.05.06-85. Магистральные трубопроводы [Текст]. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1988.
4. ГОСТ Р ИСО 26000-2012 Руководство по социальной ответственности
5. ГОСТ Р 12.4.238-2007 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства индивидуальной защиты глаз и лица при сварке и аналогичных процессах. Общие технические условия
6. ГОСТ 25100-95 Грунты. Классификация
7. ГОСТ 20522-96 Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний
8. ГОСТ 17.4.3.04-85 Охрана природы. Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения
9. ГОСТ 12.1.030-81 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление (с Изменением N 1)
10. ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Общие требования (с Изменением N 1)
11. ГОСТ 12.0.003-74 Опасные и вредные производственные факторы. Классификация
12. Энциклопедический словарь нанотехнологий / Шляхтин О.А. // <http://enc-dic.com/nanotechnology/Kriogel-188.html>
13. Строительство в условиях вечномёрзлых грунтов // <http://megaobuchalka.ru/10/1486.html>
14. Способы укрепления грунтов, определение и классификация // <https://studfiles.net/preview/3388517/page:10/>

15. Способ укрепления слабых грунтов основания земляного полотна и состав для его осуществления / Алтунина Л.К., Хоменко А.П., Сигачев Н.П., Благоразумов И.В., Конышев С. С. // <http://www.freepatent.ru/patents/2474651>
16. Расчет и обеспечение прочности трубопроводов в сложных инженерно-геологических условиях [Текст] / А.М. Шаммазов, Р.М. Зарипов, В.А. Чичелов – Т.1. – М.: Интер, 2005, - 706 с.
17. Природные мерзлые грунты // [http://sinref.ru/000\\_uchebniki/01701gornoe\\_delo/001\\_injenernaia\\_geologia\\_ananev/029.htm](http://sinref.ru/000_uchebniki/01701gornoe_delo/001_injenernaia_geologia_ananev/029.htm)
18. Лозинский В.И. Криогели на основе природных и синтетических полимеров: получение, свойства и области применения // Успехи химии, 2002, т. 71. - С. 559.
19. Крутов В.И. Проектирование и устройство оснований и фундаментов на просадочных грунтах [Текст] / В.И. Крутов, А.С. Ковалев, В.А. Ковалев. – М.: Издательство АСБ, 2013. – 544 с.
20. Криотропные полимерные материалы (криогели) // <http://inotomsk.ru/products/kriotropnye-polimernye-materialy-kriogeli/>
21. Криогели помогают строить в вечной мерзлоте // Наука и жизнь. – 7 июня 2013.
22. Криогели для формирования противofiltrационного слоя и укрепления откосов дорог в северных регионах / Фуфаева М.С., Алтунина Л.К., Манжай В.Н., Овсянникова В.С., Филатов Д.А. // Сборник трудов конференции Института химии нефти Сибирского отделения РАН, г. Томск. – 2016 г. – С. 128–133.
23. Использование криогеля поможет озеленению северных городов // <http://stroy-forum.pro/threads/ispolzovanie-kriogelja-pomozhet-ozeleneniju-severnyx-gorodov.1728/>
24. Геосинтетические материалы. Спецвыпуск // <http://www.techinformpress.ru/images/stories/pdf/roads59/59.pdf>

25. Yong Bai Pipeline sand rises / Yong Bai. – USA, Oxford: Elsevier, 2001. – 495 p.
26. Y. Nos, T. Horiuchi, P.S. Malchesky, J.W. Smith, S. Matsubara, and Y. Abe, Therapeutic Apheresis and Dialysis, 2001, 4(1), pp.38-43
27. Shlyakhtin O.A. and Young-Jei Oh Inorganic cryogels for energy saving and conversion // J. Electroceramics - 2009, <http://www.springerlink.com/content/b164150861181u47/fulltext.pdf>
28. Pajonk G.M., Repellin-Lacroix M., Abouarnadasse S., Chaouki J., Klvana D. From sol-gel to aerogels and cryogels // J. Non-Crystalline Solids - vol. 121, 1990 - pp. 66-67
29. Interaction of the artificial bases with Collapsing Soils / V. Shokarev, V.Sharapoval, A. Tregub, V. Grechko // Geotechnical Engineering in Urban Enviroment

## Приложение А

### (ОБЯЗАТЕЛЬНОЕ)

#### Раздел ВКР, выполненный на иностранном языке

#### Review of the basic methods for growing ground growing strengths

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ6Б	Кугданов Александр Гаврильевич		

Консультант отделения НД \_\_\_\_\_:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП ОНД	Бурков Петр Владимирович	д.т.н., профессор		

Консультант – лингвист отделения \_\_\_\_\_:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОНЯ ШБИП	Коротченко Татьяна Валериевна	к.ф.н, доцент		

To increase the bearing capacity and reduce deformations in soil bases there are many ways to artificially fix the soil. Conditionally divide their physical - strengthening of the soil massif with the help of physical lay, mechanical - placing in the thickness of the soil reinforcing elements that have the tensile strength, the chemical - the improvement of soil properties with the help of injection into their thickness of special solutions.

The method of fastening is chosen proceeding from the soil conditions of the construction area, as well as production capabilities for its implementation. The choice of method is worthwhile. Responsibly and take into account all the advantages and disadvantages.

The first group under consideration is the physical methods of fixing soils. In the table. 1 main methods of this group are presented: thermal fixing, freezing, thawing, electro osmosis and lowering the water table. Also shown is a variety of methods, recommended ground conditions, the advantages and disadvantages are indicated.

Thermal fixation of soil - transformation of structural bonds in the ground under the influence of high temperatures. It is carried out either by injecting into the ground under the pressure of air heated to a temperature of 600-800 ° C, or as a result of burning fuel (solar oil, fuel oil, natural gas, etc.) in hermetically sealed wells, drilled for this purpose. After fixing, the strength and water resistance increase soils, as well as their subsidence properties are eliminated.

In accordance with the technology it is necessary to maintain a pressure in the well from 15 to 50 kPa, which is achieved by the supply of incandescent air to enhance the filtration of hot gases in the ground and maintain the required temperature. The diameter of the wells is assumed to be 10-20 cm, while the depth varies from 6 to 15 m and more.

Depending on the loads and their distribution on the construction site, the distance between the axes of the wells is determined. The burning of the soil lasts from 5 to 10 days. Around the well, an array of thermally fixed soil with a diameter

of 1.5-3 m is formed by burning 80-180 kg of liquid fuel per 1 m of the depth of the well.

Table 1. Physical methods of soil reinforcement

Name method	Species	Recommended ground conditions	Advantage/limitations
Thermal fastening	Hot air, burnt fuel	Loess-like, unsaturated clayey soils	Relatively fast set of strength / High price
Freezing	Brine, with nitrogen	Aquiferous soils (from clay to rocky fractured and cavernous)	It is possible to use any aquifer, at any depth. Presence of a well-developed scientific and technical base \ Short duration of conservation effect (only with the action of the freezing plant), natural thawing For a long time, the soil moisture content rises (as water migrates from warm to cooled soil layers)
Thawing	man-made	Soils in frozen soil condition	The possibility of producing works in cramped conditions, near communications, in emergency conditions. Can occur in any direction / Significant labor, energy expenses
	native		The economics of the method / Limitation of percolation, only from top to bottom, control impossible
Electroosmosis		The water- saturated cohesive soils (sandy loam, loams)	The most suitable method for water ground cover / The need for periodic polarity
Lowering groundwater level	Light, ejector, wellpoints	Sandy soils	Dewatering depth of 4.5 to 12 m. Speed of action. Low labor input / Impossibility of work with close lying of waterproof soils and close location of structures
	Vacuum method	Fine-grained soils	Reduction of depth to 22 m. Possible applications in complex hydrogeological conditions / The need for continuous use of energy and drainage of pumped water

To avoid penetration of groundwater or water-saturated unstable soils, the artificial freezing of soils is applied to the construction to be constructed, which creates a strong fence that has a planar or rectangular shape from the frozen ground. For the freezing of soils, a refrigerant or refrigerant is usually used (most often a chilled aqueous solution of calcium chloride - brine). The main function of the brine is the ability to remain liquid at negative temperatures. Brine pre-cooled in a freezing stations, are fed through the pipe system to the freezing columns, which are lowered into the drilled wells. Wells are drilled through the contour of future production through the entire thickness of the aquifers. Their end should be buried 2-5 m into the waterproof soil. The radius of the ice-soil cylinder that is frozen around the well is 1.25-1.5 m, according to the project, based on this data, the distance between the wells is calculated. The cold brine is pumped by pumps into the distributor, from where it disperses uniformly feeding pipes of freezing columns. After the brine has lowered to the bottom of the column, it rises up the annular space between the feed pipe and the freezing column, washing its internal walls. There is a heat exchange, which leads to freezing of the soil (the brine takes away heat from the soil) surrounding the column. Then, from the column through the header, the brine enters the collector, and from it to the freezing station, where it is cooled again. In recent years, a new refrigerant, liquid nitrogen, has been used to artificially freeze soils. It has a very low evaporation temperature. Unlike other industrial refrigerants, liquid nitrogen is used once (the evaporating gas is released into the environment).

Thawing is a method of strengthening soils, in which the phase state of the soil (from frozen to thawed) changes. Natural thawing does not require any technical measures, as opposed to artificial, for which steam, electrodes etc.

Steam heating or water heating is applicable at a depth of freezing up to 1.5 m with needles immersed in the ground and in the presence of a heat source (boiler houses, heating networks). Needles are installed in pre-drilled holes in the ground a distance of 1-1.5 m from each other in a row in the development of a trench and in several parallel rows in a checkerboard pattern for the development of trenches.

Steam needles are immersed to a depth of 0.7-0.75 of the depth of the frozen layer and 20-30 needles are connected to the main pipeline. The essence of the method of steam heating is to give off steam when cooling the latent heat of vaporization. Electro heating of soil with vertical rod electrodes can be done from top to bottom, from bottom to top, and also in a combined way (simultaneously). The electrodes are clogged over the entire thickness of the frozen soil so that 5-10 cm of electrodes enters the unfrozen soil. Full penetration of electrodes is carried out to a depth of 1.3-1.5 m, so vertical electrodes are used with a freezing depth of more than 0.7 m. The distance between the electrodes depends on the voltage: at 220 V take 40-50 cm, at 380 V - 70-80 cm. Electric current, passing through the thawed ground under a frozen layer (the frozen ground poorly passes current), releases heat, which accumulates and thaws the overlying layers of frozen soil, the process goes from bottom to top.

Electro-osmosis is based on the fact that as a result of the passage through the soil of a constant electric current, as well as the introduction of electrolyte, a number of physicochemical processes leading to drainage and hardening of the soil. In the ground, water moves to the negative electrode (electro-osmosis) and at the same time moves the colloidal suspended in the water particles of the soil to the positive electrode (electrophoresis) under the influence of a direct current.

To dewater the soil in it is immersed electrodes at a distance of 0.6-1.5 m from each other. As positive electrodes, steel rods 150 mm in diameter are used, and as a negative electrode, 100 mm diameter pipes with holes of 3 mm in diameter are used. To enhance the effect of electrochemical fixation in the ground (during processing) a chemical solution (sodium silicate, potassium chloride, etc.) is introduced, which contributes to a faster and better transformation of it. For the work, the injector (perforated pipe) and the transformer are most often used.

The essence of the method of dewatering is based on the fact that the surface of water in the ground becomes funnel-shaped with a slope to the groundwater pumping station, which enter the well. The funnel-shaped (lowered) surface of groundwater is called the depression surface, and the depression funnel is called the

space between this surface and the undamaged surface of the ground flow. Ground, which is below the groundwater table, undergoes the weighing action of water; hence the specific gravity of the soil decreases. In this case, an artificial water loss is used, as a result of which the soil is higher than the groundwater level, the specific gravity of the soil increases, and the base is compacted.

The depression funnel increases as the water is pumped out. There is no development of a depression funnel; stabilization occurs if the pumping intensity remains constant. With the termination of pumping out the level groundwater is restored. The main goal of depreciation is to maintain depressive funnels in a drained state during the entire period of erection of the structure. In some cases, dewatering is used to remove excess head in underlying aquifers, separated from the bottom of the excavation by a layer of waterproof soil.

Dewatering uses several methods: using light and ejector needlepoint's and a vacuum method. The method of water lowering with the help of light well points is based on the creation and maintenance of vacuum by self-priming pumps in a widely branched network of well points that are immersed in the ground and connected by rubber hoses with a collector. Ground water is sucked through the filters into the suction manifold and pumped out of the drainage area by the pumps. The light well point looks like a column of pipes with a diameter of 46-50 mm and a length of up to 8.5 m. At the bottom of the column is a filter link. The filter link consists of two pipes - external and internal. The outer tube has uniformly distributed holes all over the surface and is wound with a spiral, over which a filter net is stretched, and the inner end has an open lower end. The end of the link protrudes the tip with the ball valve. Each needle filter is immersed in the ground by means of a hydrofuge, using the pressure of a water jet. Ejector wellpoints have a special device for lifting water - an ejector (water jet pump). The principle of operation of ejector needle filters is based on the action of a water jet pump: a jet of water raises some of the water that it has captured from the lower level to a higher level.

The essence of the vacuum method is the creation of a stable vacuum on the external surfaces of water intake devices. The use of this method makes it possible to

intensify the effect of water loss in the production of work under difficult conditions (the order of waterproof and aquifer layers, in soils with low permeability, in soils of nonuniform addition, etc.).

The second group under consideration is the mechanical methods for fixing the base soils. Methods are considered to be the most popular, since they do not imply a change in the properties of soils under the action of solutions or physical fields, which is quite difficult to control. Mechanical methods presuppose reinforcement of the soil with ready-made elements of various materials that have high tensile strength.

In Table. 2 shows the main methods of this group: compaction of soils, strengthening of geosynthetic and randomly distributed fibers, reinforcement with piles. Also a variety of methods, recommended ground conditions, advantages and disadvantages are indicated.

Soil compaction by the method of loading causes the acceleration of the draft due to load on the ground. The essence of the temporary loading method is the application load, as a result of which the estimated precipitation with a given degree of consolidation is completed in a time much less than the time with conventional consolidation (without precipitation acceleration). The effectiveness of temporary loading directly depends on the time of precipitation acceleration, namely, on the compressibility of the substrate, the magnitude of the load and the degree of consolidation required.

Table 2. Mechanical methods of soil reinforcement

Name method	Species	Recommended ground conditions	Advantage/limitations
Sealing	Ballasting	Sedimentary, swelling, technogenic, strongly compressed organic, loose sandy	Absence of the need for special mechanization, the possibility of accelerating secondary precipitation / The need for additional materials, <del>increasing costs. High labor intensity</del>
	Vibrating	Sandy, sandy-graveled soils	Low noise in operation, simplicity in operation, maneuverability / The ground must have the optimum humidity. The density of soil in depth is
	Tamping		Simplicity of the method, possibility of application In winter conditions / Rapid wear of <del>winch and rope mechanism</del>
	Explosions	Subsidence grounds, sandy loam, loam, loess soils	Ease of production. Opportunity rapid compaction. Low cost / There is a need to provide soil moisture. Uneven compaction over the thickness of the layer. Limited use near buildings and
Family geosynthetics	Geotextile, geonet, geogrid, geomatrix	Clay, subsidence, man-made, on territories with complex hydro-geological climatic conditions	Ease of production. Application in cramped conditions. Ecological, low material consumption and cost-effectiveness of the method / Complexity in the gentle handling of certain materials
Accidentally distributed fibers	Natural, artificial, mineral	All soils (except wetlands)	Isotropic increase in the strength of a soil composite without a plane of least resistance. No need for anchoring. Absence of influence of weather conditions. Wide range of materials used / Lack of standards. The complexity of controlling the
Piles	Bored	In all soils (excluding rocky, coarse, waterlogged, structurally unstable)	Saving materials (made of any length). Ability to produce works near buildings and structures, lack of significant dynamic impacts / Throughout the height of the pile it is impossible to control the monolithicity and density of concrete, it is possible to erode the groundwater of unconquerable concrete

end of table. 6

Name method	Species	Recommended ground conditions	Advantage/limitations
	Vibro-tamped	Dry cohesive soils	Manufacturing piles with different bearing capacity / Noise, prohibition of production near existing buildings
	Drill-fastening	In any geological and hydrogeological conditions	Fast and all-season installation. Use on complex terrain and in any ground. Pile production at the plant (reduced cost) / Corrosion, sophisticated quality control welded seams
	Sandy	Water-saturated sands containing organic impurities and loess subsidence grounds	Getting the geomass from the pile and surrounding soil. Economical. A compacted base with an average modulus of deformation is created / The necessity of careful compaction of sand

The vibrocompression method is based on creating a vibration that is transmitted from one particle to the other, thereby driving them. Vibrating action machines frequent vibration movements are reported to the ground, which is why the bonds between particles. Due to different forces of inertia and impulses there is a condensation and mutual movement. The process of vibration also significantly reduces the conditional coefficients forced friction of the soil, which reduces the resistance of the particles to friction. Increase frequency of oscillations increases the efficiency of compaction.

The following method of compaction of soil by mechanical means - tamping or layer seal. Tampers are used for compaction, which are mechanized bath and hand. Mechanized seal with special construction equipment significantly increases the estimated cost of construction, but for large amounts of work the use of only manual mechanisms is impractical. Soil compaction with tramping is carried out until the surface of the soil at each subsequent fall will not fall on the same amount, called "failure." The size of the failure of the approximately equal for dusty-clayey soils is 1-1.5 cm, for sandy soils - 0.5-1 cm. Failure is achieved after 8-12 strokes on

one track. The sealing mode of the it is experimental and depends on ground conditions on the construction site.

When applying the method of consolidating subsidence ground underwater and deep-seated explosions, it is necessary to pre-soak in order to bring the soil closer to a state close to the total water saturation. Further (in a groundwater or water environment, respectively) an explosion of explosive charges is made, which contributes to the destruction of the existing soil structure and leads to artificial compaction.

A layer of water below the charge distributes an explosive wave acting on the ground, while a column of water above the charge extinguishes the energy of the explosion, which is directed upwards.

The use of fibrous materials, namely geosynthetics, has now become popular to strengthen soil bases. This is facilitated by their great diversity, simplicity and efficiency of technology. There are several types of geosynthetic materials used to reinforce soil bases: geotextile, geonet, geogrid, geomatrix. Depending on the method of manufacture and, as a result, the final technical characteristics, geotextiles are woven and non-woven. Non-woven geotextile is a flat structure, which consists of synthetic fibers fastened together by a mechanical method. Such material does not decay, roots of plants do not germinate through it, and the structure provides good strength and filtering properties. Nonwovens were historically the first type of geosynthetics that were produced by the textile industry. Until now, these materials continue to be used throughout the world for various geotechnical operations. Separation, reinforcement, filtration, drainage, and also their combination are the main functions of geotextiles. Woven geotextile is a flat and system structure woven from several rows of synthetic tapes that allow us to obtain systemic small-sized weaves. Such material is durable in all directions, frost-resistant. When laying a woven geotextile in an earthen construction it forms a complex structure in which it acts as an armature. The geonet is a mesh flat structure formed by two overlapping rows of fibers 3 to 15 mm thick crosswise at an angle of  $60^\circ$  and  $90^\circ$ , followed by welding at contact points when the polymer is still in semi-liquid state. Geogrids are

produced by extrusion from thermoplastic polymers, they are also often used in combination with geotextiles and geomembranes. The main functions are filtration and drainage. Geogrid is a honeycomb structure made of polyethylene tapes, which are joined together by welded seams, characterized by high strength, and have a staggered layout. They are used primarily for reinforcing soil bases in order to strengthen, taking into account their special structure, when clamped between geogrid cells, the soil cannot move from the existing loads and all tensile stresses are transferred to the geogrid. Geomatrix - a novelty in the domestic market, has not yet received wide popularity in other countries. Structurally, the geomatrixes are a box without a top cover, to the walls of which geotextiles are attached. Crossed, they form rectangular cells inside the box.

Fibroarmored primer is a mixture of soil with short fibers of different origin (tree roots, polymer fibers, production waste, etc.). Separate short fibers are evenly mixed with the soil to ensure an isotropic increase in the strength of the soil composite without the plane of least resistance. Mixing of fibers with soil can be carried out with the help of familiar equipment (for example, using a rotary mixer).

Strengthening of the ground mass can also be carried out using piles. For this purpose, different types of piles are used. Structures of piles used to strengthen the soil, and technology of their device are constantly being improved. Pile reinforcement is one of the simplest methods from the technological point of view and allows to provide significant material savings in comparison with the complete excavation of weak soils and replacement of them with stronger ones. In general, the technology of strengthening the soil mass of piles consists in the arrangement of wells formed as a result of forced displacement of the soil and filling them with a concrete mixture, coarse clay soil or sand. Depending on the method of construction and design, piles can play a role bearing elements that absorb loads from the structure, or used to compact and improve the building properties of weak water-saturated soils.

Preliminary drilling of wells to a given depth is a characteristic feature of the device of bored piles. A pipe with a diameter of 0.25-0.40 m is lowered into the

borehole drilled to the design mark and the concrete mixture is loaded. After the well is filled to a depth of 1 m, the concrete mix is compacted and the casing slowly lifted up until the mixture height in the pipe decreases to 0.3-0.4 m. Then the concrete mix is again loaded and the process is repeated. Since the diameter of the well is larger than the diameter of the casing, the surface of the drilled soil is uneven, rough. Filling the casing with a concrete mixture, it is raised and compacted; the concrete fills the entire free volume, including the gap between the walls of the well and a casing. The strength of concrete is increased due to the fact that part of the concrete and cement milk penetrates into the ground. To connect the pile to the grillage, reinforce the piles to a depth of 2 m.

Vibro-tamped piles are arranged in dry cohesive soils. The ground is immersed a casing with a shoe, then immerse a portion of the concrete mixture, which is cramped with an ramming bar suspended from the vibrator; when tamping, a broadened heel of the pile is formed, then the subsequent layers are laid and tamped and the casing is removed while the vibrator is operating. In order to connect the pile with the grillage, install the reinforcing cage.

The next method under consideration is the use of screw-drilling piles. The essence of the method lies in the fact that the metal pipe is not clogged into the ground, but is screwed. The tube is factory-screwed by a narrow auger made of reinforcement with a diameter of 10-16 mm with a pitch of 200-500 mm. The pipe can be equipped with a cap with rippers, deaf or loose, allowing, if necessary, to prevent water from entering the pipe body, all these equipments depend on ground conditions. Surrounding ground when screwing the pipe is partially compacted, even some of it is squeezed out. If the pipe in the lower part is deaf, then after screwing up to the design mark, an reinforcement frame is inserted into it and it is filled with a concrete mixture. During the pipe is unscrewed, the shoe remains on the ground, on which the reinforced concrete bored pile rests.

The sand pile perceives the load together with the surrounding compacted soil, since the device compressibility of the pile slightly differs from the compressibility

of the compacted surrounding soil. Such piles work as drains, diverting pore water from water saturated soils to the surface, this is their feature.

The technology of sand piling consists in the following: an inventory metal pipe with a diameter  $d = 0.325 \dots 1.5$  m, which is equipped with a drop-off tip, is immersed in a weak ground with the help of vibrating hammers or vibration loaders.

During the immersion of the pipe, the soil around the cavity formed is compacted, further, sand of coarse fraction is poured into the pipe in portions and the pipe is gradually removed (with the opening of the tip) from the ground to the full filling of the pile shaft.

In terms of the sand piles are placed in a staggered manner, it is important condition: the density of the soil in interswith space should reach the design value in the entire compacted massif. Thickness from half a meter to a meter over sandy piles is arranged a compacted sand cushion. Its main purpose is to distribute the pressure uniformly from the erected structure to the compacted massif, as well as to accelerate the filtration and extraction of the ground water discharged from the massif beyond the limits construction sites.

The third group under consideration is the chemical methods of fixing soils, which are quite popular in our time. All chemical processes occur due to the chemical interaction of reagents introduced into the soil, among themselves, as well as with mineral particles. The economic feasibility of methods is ambiguous and requires careful analysis in each case: on the one hand, rather cheap solutions, on the other - expensive equipment.

In Table. 3 show the main methods of this group: silicification, resinization, the use of enzymes, jet cementation and bitumenization. Also a variety of methods, recommended ground conditions, advantages and disadvantages are indicated.

The technology of chemical fastening consists of two main stages. On the first an aqueous solution of the adhesive is injected (in most cases, sodium silicate) or resin. The injection takes place under pressure through specialized devices (injectors) or wells. The second stage involves the solidification of the solution. The primer and the adhesive form an array with improved characteristics (solid, homogeneous). As

gluing, various substances are used, on which the name of the method depends: the resinization or silicization.

Table 3. Chemical methods of soil reinforcement

Name method	Species	Recommended ground conditions	Advantage/limitations
Silicization	One-solution	Sands, silty sands (quicksands), loess, subsidence grounds	Reliability, durability, economy. Absence of corrosive media / Limitation in soil moisture
	Two-solution		Time-saving, high strength, more homogeneous array (compared to a single-solution) / Limitation in soil moisture
	gas		Strengthening in a short time / Increased economic costs
Smolization	Singlesolution, two- solution	Sandy (medium, small, silty), loess soils	High strength, fast strength. Stability of the soil to the action of corrosive media / Emission of toxic formaldehyde with urea resins
The use of enzymes	–	Clay soils	Cost savings during the construction and operation phases / Lack of standards, little study of the method
Jet-grouting	One-component, two-component, three-	Gravelly, coarse and mediumgrained sands, clays	High speed, the ability to work in crowded conditions, flexibility, maneuverability / Costly equipment
Bituminization	Hot	Rock fractured rocks	Possibility to use soils with any aggressive waters, for high water flow rates / Complex technical equipment, increased safety measures
	Cold	Rock fractured rocks, sands	Fuel economy, labor, bitumen / Strong fluidity of bitumen (the possibility of breaking through the bitumen curtain under high groundwater pressure)

The technology of chemical fastening consists of two main stages. On the first an aqueous solution of the adhesive is injected (in most cases, sodium silicate) or resin. The injection takes place under pressure through specialized devices (injectors) or wells. The second stage involves the solidification of the solution. The primer and the adhesive form an array with improved characteristics (solid, homogeneous). As gluing, various substances are used, on which the name of the

method depends: the resinization or silicization. Bonding of soils can be carried out by different methods: successively, the glue (resin or water glass) is pumped in, then the hardener, and at the same time - the glue and the hardener mixed into the ground before the process starts.

Strengthening of soils by silicization is quite common in Russia. The essence of the silicization method is the injection of a solution of liquid glass into the ground, resulting in a chemical reaction and a gel of silicic acid, which, in turn, binds soil particles like cement. The strongest fastening is achieved with a sequential feed of the components. In the ground there is a natural hardener; when a liquid glass is supplied, which has a large penetrating power, a setting process takes place between them. When the components are fed in succession, considerable time savings are achieved nor, as well as the simplification of the solution supply technology, since the supply pressure is much lower. When the main component of the glue and the hardener are simultaneously fed, it is necessary to increase the speed of the solution supply to the injector, and also to increase the pressure so that the composite reaches a given depth of injection, because when the components are joined, the process of setting the components of the adhesive begins, hence the viscosity of the solution increases and its fluidity decreases. The field of application of silicification and resinization is quite extensive: for example, in the preparation of soil bases for complex buildings and structures, as well as for strengthening soils under existing buildings and structures.

Gas silicization is used for heavily humid soils. As hardener uses carbon dioxide CO<sub>2</sub>. There are several varieties of this method - without preliminary and preliminary treatment of the soil with carbon dioxide. Gas solication makes it possible to fix soils, the degree of humidity of which is different ( $k_f = 0,1 \dots 0,2 \text{ m/day}$ ).

The method of strengthening soils with the help of enzymes is used to strengthen soils under linear construction objects (roads, railways, pipelines, etc.).

Enzymes can be attributed to high-molecular proteins. In the polymer structure of enzymes, there are cavities that include hydrophobic and hydrophilic radicals and moieties.

The surface tension of water decreases if the enzyme is dissolved in it, since the enzymes have the properties of surfactants and act as hydrophobisers. As a result, the molecular and electrostatic interaction between the soil particles is enhanced. A denser soil is created, as the water structure changes, which contributes to its intensive removal. Due to the special structure of the enzymes, when they settle on particles of the soil, strong hydrogen bonds are formed. An aqueous solution with enzymes is made from the calculation of 2 ml per 1 liter of water.

Currently, there is more information about the application of the Jet-grouting method. The essence of technology is the simultaneous destruction of soil and its mixing with cement mortar entering the ground under high pressure. As a result, after the cement slurry solidifies, a new material is formed - ground-concrete, which has qualitative characteristics (strength and deformation properties). The device of soil-cement piles is made in two stages - during the direct and reverse stroke of the drill string. During the direct stroke, the leader well drilled to the design mark. In the process of return the cement high pressure solution into the nozzle of the monitor located at the lower end of the drill string and lift the column while rotating it. There are three types of technology:

1. One-component technology. The ground is destroyed by a stream of cement spreading under pressure of 400-500 atm. This technology requires a minimum set of equipment and is considered to be an order of magnitude simpler, but the diameter of the resulting piles is also the smallest (600 mm for clays and 700-800 for sandy soils) compared to other technology options.

2. Two-component technology. In order to increase the length of the water in this embodiment, the energy of the compressed air is used. In order to avoid mixing of compressed air and cement mixture, special double hollow rods are used (cement mortar is fed through the outer cavity, and compressed air is supplied through the internal cavity). The diameter of the piles in clays is about 1200 mm, and in the

3. sands - 1500 mm.

4. Three-component technology consists of two stages. At the first stage, the ground is washed out with a water jet to form cavities. The second stage involves filling the cavities with a cement-sand mortar. The main advantage of this option is the production of columns of pure cement mortar. The drawbacks include the complexity of the scheme, the need for triple rods, as well as additional technological equipment. As a result, piles with a diameter of 2500 mm are possible.

The technological equipment required for this method consists of micro a sulfur station, a cementing pump for high pressure, a silo for cement storage and a drilling rig. For technology 2, an additional compressor is required, and for technology 3 - a compressor and a second pump for the injection of cement.

The method of bituminization differs from cementation in that liquid bitumen (hot or cold) is pumped into the ground. To inject hot bitumen into the ground, drill holes 80-100 mm in diameter along the contour of the excavation at a distance of 0.7-1.0 m from one another. Each well must be dug to waterproofing or to a depth exceeding the foundation of the excavation by 60-100 cm, and then clean and rinse it. An injection pipe ( $d = 40$  mm) with perforated holes ( $d = 15$  mm), through which the bitumen penetrates into the well, is lowered into the borehole. In the well below the zone to be bituminized, a plug (tampon) made of cement or wood is arranged. Fill the rock cracks with hot bitumen (at a temperature of 200-220 ° C) under pressure up to 8 atm. To ensure that the bitumen temperature does not decrease in the boreholes (the required temperature is 180-220 ° C) and it does not change its aggregate state, a metal rod connected to a network of direct electric current is fixed in the injector on special porcelain insulators.

In most cases, hot bituminization is combined with cold bitumen, since hot bitumen can not penetrate into small cracks (less than 1 mm). Cold bitumenization is considered the more successful the smaller bitumen particles in the emulsion.

The essence of the method of cold bitumenization is that fine bitumen emulsions are injected into the soil through the wells. This method is used to compact both rocky rocks and sandy soils. The concentration of the emulsion

depends on the sand fraction. The composition of the bitumen emulsion includes electrolytes, which cause the coagulation process, and give the soil water resistance, filling the pores and cracks.

The authors proposed a classification of the main methods of strengthening the soil base, which divides them into three large groups: physical, mechanical and chemical. Also, for each group, tables are given (see Tables 1-3), which reflect popular varieties of methods, recommended soil conditions, and

Advantages and disadvantages using the classification and tables (see Tables 1-3), it is possible to simplify the choice of a suitable method for fixing the base soils in each specific case.

Strengthening the foundation soils is a broad topic. It is impossible to cover every aspect of it, since it is a rapidly developing direction, which is constantly being improved. On the one hand, this is problematic, but on the other hand it provides opportunities for innovation.

In each case, the choice of a method is individual. It is necessary to analyze it from different angles - whether it is a field of application, economic components or advantages and disadvantages. In addition, different methods can be combined to cope with a wide range of situations.