

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Политехнический институт
Кафедра «Инженерная экология и безопасность жизнедеятельности»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ Т.А. Кулагина
подпись инициалы, фамилия
« ____ » _____ 20 ____ г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

«Безопасное возведение гидроотвала на вечномёрзлом основании с песчаными
дренажными прорезями»

20.04.01 – «Техносферная безопасность»

20.04.01.01 – «Безопасность жизнедеятельности в техносфере»

Научный руководитель _____ к.т.н Н.В. Крук

Выпускник _____ Н.В. Бредихина

Рецензент _____ к.т.н И.В. Варфоломеев

Красноярск 2019

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Политехнический институт
Кафедра «Инженерная экология и безопасность жизнедеятельности»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ Т. А. Кулагина
подпись инициалы, фамилия

« ____ » _____ 20__ г.

**ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме магистерской диссертации**

Студенту: Бредихиной Наталье Валерьевне.

Группа ФЭ17-07М. Направление (специальность): 20.04.01.01 – «Безопасность жизнедеятельности в техносфере»

Тема бакалаврской работы: «Безопасное возведение гидроотвала на вечномёрзлом основании с песчаными дренажными прорезями».

Утверждена приказом по университету № 15498/с от 25.10.2017 г.

Руководитель ВКР: Крук Наталья Владимировна канд.техн.наук.

Исходные данные для ВКР:

1. научная и справочная литература;
2. научные работы;

3. нормативно-правовая документация.

Перечень разделов ВКР:

1. общие сведения. Литературный обзор;
2. экспериментальные исследования образцов;
3. расчет сезонного промерзания-оттаивания мерзлого основания;
4. техническое решение по осушению вечномерзлого основания;
5. контроль состояния накопителя.

Перечень графического материала:

Лист 1 – Характеристики мерзлых грунтов.

Лист 2 – Технические решения по осушению вечномерзлого основания.

Лист 3 – Результаты эксперимента по определению суммарной влажности грунта и влажности крупнообломочных частиц грунта.

Лист 4 – Результаты расчета промерзания-оттаивания мерзлого грунта.

Лист 5 – Расчет статистической устойчивости.

Лист 6 – Схема дренирования оттаивающего вечномерзлого основания ПЛОТИНЫ.

Научный руководитель

подпись

Н.В. Крук

Задание принял к исполнению

подпись

Н.В. Бредихина

« ___ » _____ 20__ г.

КАЛЕНДАРНЫЙ ГРАФИК
выполнения этапов ВКР

| Наименование и содержание этапа | Срок выполнения |
|---|-------------------------|
| Сбор и анализ исходной документации и литературы | 30.10.2017 – 24.11.2017 |
| Постановка основной задачи, освоение расчетных методик и программ | 25.11.2017 – 30.12.2017 |
| Эксперимент по определению влажности грунта | 10.01.2018 – 01.06.2018 |
| Выполнение расчетов, оформление результатов, составление выводов | 01.09.2018 – 30.12.2018 |
| Оформление результатов, составление выводов | 10.01.2019 – 01.06.2019 |
| Графическое оформление чертежей | 02.06.2019 – 25.06.2019 |
| Оформление прочей документации и доклада | 26.06.2019 – 10.07.2019 |

« ___ » _____ 20__ г.

Научный руководитель

подпись

Н.В. Крук

Задание принял к исполнению

подпись

Н.В. Бредихина

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа в форме магистерской диссертации по теме «Безопасное возведение гидроотвала на вечномерзлом основании с песчаными дренажными прорезями» содержит 73 страницы текстового документа, 23 использованный источник, 6 листов графического материала.

ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, ГИДРОТЕХНИЧЕСКОЕ СООРУЖЕНИЕ, МЕРЗЛЫЙ ГРУНТ, ВЕЧНАЯ МЕРЗЛОТА, ДРЕНАЖ, ПЕСЧАНЫЕ ПРОРЕЗИ.

Объект исследования – вечномерзлое основание.

Цели работы:

1. ознакомиться с общими сведениями о мерзлом грунте;
2. изучить существующие решения осушения мерзлого основания;
3. рассмотреть методы определения суммарной влажности грунта;
4. произвести расчет промерзания-оттаивания мерзлого грунта;
5. рассмотреть новое техническое решение по осушению мерзлого основания;
6. рассмотреть методы контроля состояния накопителя, находящегося на мерзлом основании.

В результате разработки магистерской диссертации были изучены способы безопасного возведения гидроотвала на вечномерзлом основании, рассмотрены методы определения влажности грунта и расчета сезонного промерзания-оттаивания мерзлого основания.

В заключении сформулированы выводы по выпускной квалификационной работе.

АННОТАЦИЯ

к выпускной квалификационной работе

на тему: Безопасное возведение гидроотвала на вечномерзлом основании с песчаными дренажными прорезями

ВКР выполнена на 73 страницах, включает 9 таблиц, 18 рисунков, 23 использованных источников.

Объектом исследования является вечномерзлый грунт.

Целью исследования является разработка способа безопасного возведения гидроотвала на вечномерзлом основании с использованием песчаных дренажных прорезей.

В ВКР входит введение, 5 глав, итоговое заключение по работе.

В первой главе рассмотрена классификация мерзлых грунтов, их физические свойства, а также существующие технические решения осушения мерзлого основания при промерзании-оттаивании мерзлого основания.

Во второй главе представлена экспериментальная часть по определению суммарной влажности грунта и влажности крупнообломочных частиц грунта.

В третьей главе произведен расчет сезонного промерзания-оттаивания мерзлого суглинистого грунта и расчет устойчивости откосов накопителя.

В четвертой главе представлено техническое решение по осушению мерзлого основания при его промерзании-оттаивании.

В пятой главе рассмотрены методы контроля состояния накопителя и прилегающей к нему территории на стадиях проектирования и эксплуатации.

В заключении сформулированы выводы по выпускной квалификационной работе.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| ВВЕДЕНИЕ | 8 |
| 1 Общие сведения..... | 10 |
| 1.1 Особенности вечномерзлого основания | 10 |
| 1.2 Классификация вечномерзлых оснований и грунтов | 12 |
| 1.3 Физические свойства вечномерзлого основания | 14 |
| 1.4 Существующие технические решения осушения при промерзании-оттаивании вечномерзлого основания | 18 |
| 2 Экспериментальная часть..... | 22 |
| 2.1 Общая характеристика работы..... | 22 |
| 2.2 Определение суммарной влажности мерзлого грунта | 24 |
| 3 Промерзание-оттаивание вечномерзлого основания..... | 30 |
| 3.1. Методика расчета глубины сезонного оттаивания грунта..... | 34 |
| 3.2 Методика расчета глубины сезонного промерзания грунта | 37 |
| 3.3 Расчет глубины сезонного промерзания-оттаивания грунта..... | 38 |
| 3.4. Расчет статистической устойчивости..... | 41 |
| 4 Осушение вечномерзлого основания при промерзании-оттаивании грунта | 45 |
| 4.1 Устройство дренажных прорезей | 45 |
| 4.2 Техническое решение..... | 46 |
| 5 Контроль состояния накопителя на вечномерзлом основании | 49 |
| 5.1 Контроль состояния накопителя и прилегающей территории на стадиях проектирования..... | 50 |
| 5.2 Рекомендации по контролю за состоянием накопителя и прилегающей территории..... | 57 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 64 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ | 65 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ А (Свидетельство об оценке состояния лаборатории) | 67 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Б (Результаты расчета устойчивости) | 71 |

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность

На сегодняшний день на территории России находится более 60 % вечномерзлых грунтов. Несмотря на неблагоприятные климатические условия, на территориях с такими грунтами имеются достаточно разнообразные полезные ископаемые, такие как природный газ, каменный уголь, торф, цветные металлы, нефть, алмазы и золото. Для экономического роста страны, необходимо освоение этих ресурсов, поэтому возведение зданий и сооружений в суровых климатических зонах с вечномерзлым грунтом является важной задачей.

Присутствие льда в мерзлой толще кардинально меняет ее свойства по сравнению с исходным, немерзлым грунтом. В то же время количество льда в вечномерзлых толщах разного типа неодинаково. Его содержание изменяется от долей процента, а в некоторых горизонтах и до 100 %.

При строительстве в зоне вечной мерзлоты необходимо учитывать климатические условия района строительства, мерзлотно-геологические особенности основания, прогноз теплового взаимодействия накопителя и мерзлых пород основания и другие факторы.

В зоне вечной мерзлоты существует проблема возведения сооружений. В результате протаивания льдов в грунте, происходит просадка фундамента, что может привести к разрушению сооружений. Предметом настоящей работы является разработка способа для безопасного возведения гидроотвала на вечномерзлом основании.

Цель: разработка эффективного метода осушения вечномерзлого увлажненного основания за счет его оттаивания при возведении гидроотвала.

Для реализации поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. провести анализ научной литературы о свойствах вечномерзлых грунтов;
2. освоить существующие способы осушения вечномерзлого основания при оттаивании;
3. изучить и рассчитать промерзание-оттаивание вечномерзлого основания;

4. разработать способ осушения вечномерзлого основания при оттаивании.

Научная новизна результатов исследовательской работы:

Заключается в исследовании перспективного технического решения для осушения вечномерзлого основания при оттаивании с использованием песчаных дрен.

Практическая значимость работы заключается в возможности применения исследуемой песчаной дренажной системы в зоне вечной мерзлоты для удаления талых вод при промерзании-оттаивании льдонасыщенных грунтов. С данной тематикой было участие в двух конференциях «Перспектив Свободный» с темами:

1. «Безопасное возведение гидроотвала на вечномерзлом основании с песчаными дренажными прорубями»;

2. «Расчет зон затопления при гидродинамической аварии на гидроотвале».

1 Общие сведения

1.1 Особенности вечномерзлого основания

Вторая половина XIX – начало XX в. характеризуется зарождением мерзловедения как прикладной отрасли знаний, что обусловлено началом промышленного освоения Сибири – строительством Транссибирской магистрали, развитием горнодобывающей промышленности. В 30-е годы началось становление инженерного мерзловедения.

В 60-80-е годы прошедшего столетия проводились обширные мерзлотно-гидрогеологические и инженерно-геокриологические исследования во всех районах развития криолитозоны Сибири, где велось строительство автомобильных и железных дорог, газо- и нефтепроводов, возводились гидротехнические сооружения на вечной мерзлоте, создавались крупные горно-обогатительные комбинаты и многие другие разномасштабные сооружения государственного или ведомственного значения [9].

Грунт, на значительной части территории России, промерзший зимой, летом полностью оттаивает. Однако во многих районах среднегодовая температура воздуха ниже 0 °С. Если эта температура ниже –2 °С, то грунт, промерзший за зиму, часто не успевает оттаять летом. Это может приводить к накоплению мерзлого грунта под деятельным слоем (слоем сезонного промерзания и оттаивания), т. е. образованию слоя многолетнемерзлого грунта. На рисунке 1 представлены зоны с распространением вечномерзлых грунтов на территории России.

Характер распространения и мощность слоя многолетнемерзлых грунтов определяются местными условиями промерзания и среднегодовой температурой воздуха. В связи с этим в одном и том же районе этот слой может встречаться на одних площадках и отсутствовать на других. В направлении с юга на север мощность слоя многолетнемерзлых грунтов увеличивается и достигает сотен метров. В южных районах криолитозоны имеет место островное залегание

многолетнемерзлых грунтов с толщиной слоя 20-50 метров. Севернее наблюдается сплошное залегание многолетнемерзлых грунтов с толщиной слоя более 100 метров.



1 – островное распространение (< 50 % площади); 2 – прерывистое распространение (50-90 % площади); 3 – сплошное распространение (> 90 % площади); 4 – зона сезонного промерзания

Рисунок 1 – Зоны с наличием многолетнемерзлых грунтов:

В деятельном слое происходят значительные колебания температуры; промерзание, оттаивание и морозное пучение грунтов, миграция влаги к фронту промерзания, перемещение влаги под действием гидравлического градиента, образование морозобойных трещин, сползание грунта по склонам [16].

Безопасное возведение гидроотвалов на вечномёрзлом основании требует решения проблемы осушения грунта при его оттаивании.

По определению, мерзлыми грунтами считаются любые породы с нулевой или отрицательной температурой и содержащие лед. Вечномерзлый грунт находится в мерзлом состоянии в течение трёх и более лет. Но обычно есть сезоннооттаивающий, или деятельный слой, на поверхности земли, который в зависимости от сезона оттаивает и замерзает. Такие деформации, как просадки, осадки и др., возникают именно из-за протаивания грунтов сезоннооттаивающего слоя. Поэтому главным вопросом является изучение его физических свойств.[8].

1.2 Классификация вечномерзлых оснований и грунтов

По мерзлотно-геологическим особенностям, криогенному строению и чувствительности к изменениям естественного температурного режима в зоне теплового влияния накопителя можно выделить следующие типы оснований:

1. тип А – мерзлые или частично мерзлые основания, сложенные относительно прочными и слабо-трещиноватыми скальными породами, прочностные, деформативные и фильтрационные свойства которых практически не изменяются при нарушении первичного криогенного строения и естественного температурного поля массива;

2. тип Б – мерзлые скальные и полускальные основания, характеризующиеся значительной трещиноватостью и льдонасыщенностью в верхней выветренной зоне; оттаивание таких оснований сопровождается заметной осадкой и резким возрастанием водопроницаемости после вытаивания льда в трещинах;

3. тип В – основания, сложенные не плотными скальными, в частности крупнообломочными, грунтами, оттаивание которых не сопровождается тепловой осадкой и резким изменением прочностных, деформативных и фильтрационных свойств;

4. тип Г – основания, образуемые толщей рыхлых, льдонасыщенных аллювиально-делювиальных четвертичных отложений ограниченной мощности, подстилаемых слабопроницаемыми и непросадочными породами;

5. тип Д – основания, характеризующиеся особо сложными мерзлотно-грунтовыми условиями – наличием мерзлых льдонасыщенных отложений значительной мощности с крупными включениями подземного льда; оттаивание таких оснований в зоне теплового влияния накопителя сопровождается значительной осадкой и эрозионно-термокастовыми процессами, резким снижением прочности и развитием интенсивной фильтрации в оттаивающих грунтах [17].

При строительстве вне области развития многолетнемерзлых пород обычно принимается, что вся нагрузка от сооружения передается через подошву фундамента на грунтовое основание, а грунты, соприкасающиеся с боковой поверхностью

фундамента, только в отдельных случаях (сваи, глубокие фундаменты) принимают вертикальную нагрузку. Иначе оценивается работа фундамента (его взаимодействие с грунтом) в районах глубокого сезонного промерзания и развития многолетнемерзлых грунтов. Здесь нагрузка передается на грунт через все поверхности соприкосновения с ним фундамента. Это связано с тем, что происходит смерзание поверхности фундамента с грунтом, в результате чего касательные и нормальные усилия передаются от грунта к фундаменту и от фундамента к грунту, величина передаваемых усилий при этом ограничивается прочностью смерзания [6].

Существует следующая классификация грунтов:

1. грунт мерзлый это грунт, имеющий отрицательную или нулевую температуру, содержащий в своем составе видимые ледяные включения и (или) лед-цемент и характеризующийся структурными криогенными связями;

2. грунт многолетнемерзлый (синоним – «грунт многолетнемерзлый») – грунт, находящийся в мерзлом состоянии постоянно в течение трех и более лет;

3. грунт сезонномерзлый – грунт, находящийся в мерзлом состоянии периодически в течение холодного сезона;

4. грунт сыпучемерзлый (синоним – «сухая мерзлота») – крупнообломочный и песчаный грунт, имеющий отрицательную температуру, но не сцементированный льдом и не обладающий силами сцепления;

5. грунт охлажденный – засоленные крупнообломочные, песчаные и глинистые грунты, отрицательная температура которых выше температуры начала их замерзания;

6. грунт мерзлый распученный – дисперсный грунт, который при оттаивании уменьшает свой объем;

7. грунт твердомерзлый – дисперсный грунт, прочно сцементированный льдом, характеризуемый относительно хрупким разрушением и практически несжимаемый под внешней нагрузкой;

8. грунт пластичномерзлый – дисперсный грунт, сцементированный льдом, но обладающий вязкими свойствами и сжимаемостью под внешней нагрузкой [12].

1.3 Физические свойства вечномерзлого основания

Физические свойства, характеризующие мерзлый грунт как систему частиц, определяются четырьмя группами характеристик, отражающими:

1. наличие в грунте воды в жидкой фазе и суммарно в жидкой и твердой фазе (весовая и общая влажность, показатели консистенции, количество незамерзшей воды);

2. наличие в грунте воды в твердой фазе (льдистость, льдонасыщенность, относительная льдистость);

3. вес и объем пор грунта (объемный вес, удельный вес, пористость, коэффициент пористости);

4. состав твердой фазы (гранулометрический и минералогический).

Содержание незамерзшей воды в мерзлых грунтах обуславливает их несущую способность, упругость, вязкость и пластичность. Высокое содержание незамерзшей воды обуславливает особое состояние мерзлых грунтов при температуре, близкой к 0 °С. Глинистые грунты в этом состоянии именуют пластичной или вялой мерзлотой в отличие от твердомерзлых грунтов с низкой температурой. Несущая способность мерзлых грунтов в состоянии пластичной мерзлоты значительно понижена по сравнению с грунтами твердомерзлыми. Грунты, содержащие видимые глазом включения льда, именуют льдистыми [7].

Наличие и расположение льда в мерзлом грунте определяют его текстуру. Различают три вида текстуры (рисунок 2):

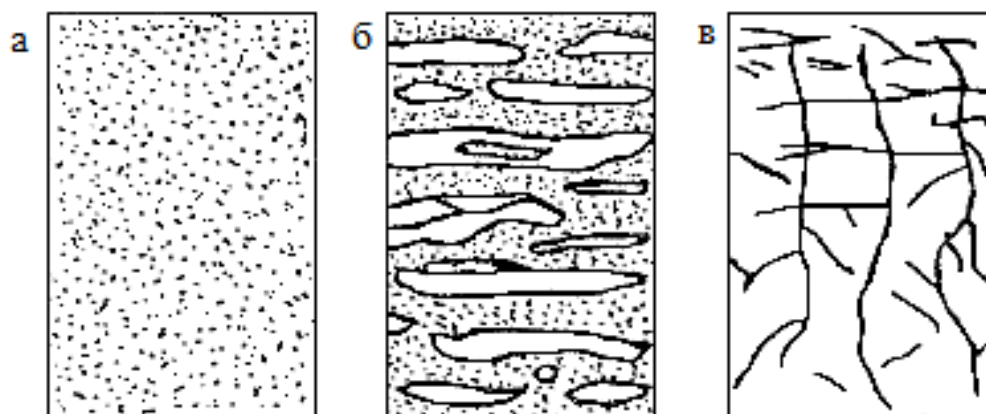
1. массивная (или слитная), при которой видимые ледяные включения в грунте отсутствуют. Слитная текстура характерна для крупнообломочных и гравелистых грунтов и песков, кроме пылеватых. Пылевато глинистые грунты обладают слитно текстурой лишь при малой влажности;

2. слоистая, при которой ледяные включения располагаются в виде линзочек и прослоек, ориентированных в одном направлении. Характерна для пылевато-глинистых грунтов и пылеватых песков, находящихся в многолетнемерзлом состоянии. Такая текстура обнаруживается преимущественно в верхних слоях

вечномерзлых грунтов до глубины 15-25 м и значительно реже на больших глубинах; она образуется при одностороннем промерзании сильно увлажненных грунтов и при потоке (миграции) воды из нижних водоносных горизонтов;

3. сетчатая (или ячеистая), при которой ледяные включения различной ориентации образуют сеть или решетку. Образуется при промерзании пылевато-глинистых грунтов, находящихся в увлажненном состоянии в результате свободного потока воды. Она характерна для верхней части деятельного слоя. В многолетнемерзлом грунте встречаются крупные включения льда в виде линз, слоев и клиньев толщиной (глубиной) в несколько метров [18].

Текстура мерзлого грунта в значительной степени влияет на его физико-механические свойства.



а – слитная; б – слоистая; в – сетчатая

Рисунок 2 – Криогенные текстуры грунта

Весьма незначительное количество ледяных включений наблюдается в глинистых грунтах, влажность которых после оттаивания не превышает предела раскатывания, и в плотных песчаных или травяно-галечниковых грунтах, замерзающих без подтока грунтовых вод. В скальных породах лед заполняет только трещины, и количество его зависит от степени трещиноватости вмещающих пород. Очень большое количество льда содержится в торфяных грунтах, где иногда вес его во много раз превосходит вес органической и минеральной частей грунта.

В мерзлых грунтах с течением времени развиваются деформации под воздействием неизменной нагрузки, т. е. явление ползучести, при котором наблюдается нарушение равновесного состояния между пленочной водой и льдом, плавление льда, перемещение образовавшейся влаги из более напряженной зоны в менее напряженную с последующим ее замерзанием и восстановлением равновесного состояния; наблюдается расслабление связей в грунте в случае поддержания длительное время неизменной деформации, т. е. проявление мерзлыми грунтами свойств релаксации.

Для всех видов мерзлых грунтов известны некоторые общие закономерности изменений показателей прочности:

1. увеличение прочности при понижении температуры, так как при этом увеличивается сцепление, обусловленное цементацией льдом;
2. увеличение прочности при уменьшении степени дисперсности грунтов, связанное с сокращением количества незамерзшей воды;
3. увеличение прочности при возрастании относительной льдистости до полного насыщения пор грунта льдом и уменьшение прочности при дальнейшем увеличении льдистости, связанное с проявлением пластических свойств льда;
4. уменьшение прочности при увеличении длительности приложения нагрузки вследствие проявления пластических свойств льда, предел прочности которого при длительно действующей нагрузке близок к нулю;
5. в грунтах слоистой и сетчатой текстуры увеличение сопротивления быстро действующим нагрузкам и уменьшение сопротивления продолжительным нагрузкам, отмечаемое с ростом числа ледяных включений [7].

Подземные льды очень разнообразны, наиболее часто встречаются лед-цемент и сегрегационный лед.

Лед-цемент – это мелкие, чаще всего не видимые глазом кристаллы льда, заполняющие поры и небольшие трещинки в грунте. Образуется в результате замерзания воды и сублимации водяного пара в порах и капиллярах, существующих в грунте. Этот вид льда потому и называется цементом, что он как бы цементирует отдельные минеральные частицы в единую монолитную массу мерзлой толщи.

Сегрегационные льды образуются при промерзании влажных глинистых грунтов. В этом случае грунтовая масса разделяется на ледяные линзочки, прожилки (ледяные шпирь) и прослой глинистого грунта, сцементированного отдельными кристаллами льда. При формировании сегрегационных льдов происходит перемещение воды из глубоких слоев грунта к фронту промерзания. Таким образом, мерзлый грунт обогащается льдом. В зависимости от темпов промерзания, влажности, типа грунта может сильно меняться форма и толщина ледяных шпиров – тонких слоев льда – от долей миллиметра до нескольких сантиметров.

При промерзании массивов твердых коренных пород лед образуется за счет воды, циркулирующей по тектоническим и иным трещинам, а также водяного пара, который, сублимируясь на холодных стенках трещин, создает ледяные щеточки.

Крупные включения подземного льда наиболее интересны для исследователей. Особое внимание привлекают огромные вертикальные жилы и горизонтальные пласты льда. Ледяные жилы могут достигать 10-20 метров и более.

Льды образуются, когда полностью промерзает слой летнего оттаивания, мерзлота образует сплошной монолит, простирающийся вглубь поверхности на многие метры. В области вечной мерзлоты при сильных морозах происходит охлаждение массивов мерзлых толщ. Они испытывают своеобразный тепловой удар и растрескиваются по поверхности.

Самые же крупные включения льда в толще вечной мерзлоты – это пластовые льды. Они представляют собой преимущественно горизонтально ориентированные пласты льда, простирающиеся на многие сотни метров. Их вертикальная мощность колеблется от нескольких метров до десятков и более. Пластовый лед встречается, как правило, в верхних горизонтах мерзлых толщ (до 40-50 метров), но известны пластовые льды и на больших глубинах – до 100-150 метров.

В некоторых случаях пластовые льды имеют горизонтальную слоистость, иногда они сильно деформированы, смяты в складки, так же как и вмещающие их мерзлые грунты. Лед может быть как чистым, так и содержать включения песка, валунов, суглинков [9].

Помимо льдов, в вечной мерзлоте существуют подземные воды.

Подземные воды вечной мерзлоты подразделяются на надмерзлотные, межмерзлотные и подмерзлотные. Надмерзлотные – это воды первого водоносного горизонта, приуроченного к породам деятельного слоя. Водоупор для них – вечная мерзлота. Могут полностью или частично промерзнуть; в последнем случае в них появляется напор, хотя, в общем, это ненапорные воды, аналогичные грунтовым [16].

Так же надмерзлотные воды приурочены к слоям песка, супеси и других проницаемых грунтов. Эти воды оказывают существенное влияние на миграцию влаги к фронту промерзания и способствуют морозному пучению.

Межмерзлотные подземные воды находятся в талых слоях, расположенных внутри массива многолетнемерзлого грунта.

Подмерзлотные подземные воды, расположенные под массивом многолетнемерзлого грунта, могут выходить на поверхность через талики.

Серьезную экологическую опасность представляют высокоминерализованные подмерзлотные воды – криопэги., выход которых на поверхность или в водоемы по сквозным таликам приводит к отравлению воды и почвенно-растительного слоя и, соответственно, гибели флоры и фауны [17].

1.4 Существующие технические решения осушения при промерзании-оттаивании вечномерзлого основания

В результате просадки или пучения грунта возможны массовые деформации зданий и сооружений, построенных без учета климатических условий. Многие факты свидетельствуют о том, что в последние десятилетия деструктивное воздействие криогенных процессов на объекты инфраструктуры в области распространения вечной мерзлоты усилилось. Согласно опубликованным данным, в Западной Сибири ежегодно происходит около 35 тыс. отказов и аварий на нефте- и газопроводах. Причем около 21% всех зафиксированных аварий вызваны механическими воздействиями, в том числе связанными с потерей устойчивости фундаментов и деформацией опор [19].

Таким образом, опыт строительства на вечномёрзлых грунтах показывает, что необходимо разработать эффективный метод отвода воды из мерзлого грунта при оттаивании, способного компенсировать отрицательное воздействие при строительстве и дальнейшем эксплуатации гидроотвала.

Улучшение строительных свойств вечномёрзлых оттаивающих грунтов может быть достигнуто также принятием некоторых конструктивных мер, облегчающих отвод талых вод и консолидацию грунтов основания. Процесс консолидации глинистых водонасыщенных грунтов малой водопроницаемостью в основании плотин протекает медленно, так как уплотнение их связано с отжатием воды, заполняющей поры. Сжимающее напряжение, которое возникает от действия нагрузки, сначала воспринимается водой, заключенной в порах грунта. С течением времени некоторое количество воды отжимается в наиболее проницаемые зоны, а твердые частицы скелета грунта приходят в более тесное соприкосновение друг с другом и грунт становится способным воспринимать некоторую часть приложенной к нему нагрузки. Таким образом, вследствие консолидации постепенно увеличивается плотность грунта при воздействии на него собственного веса и веса сооружения.

По теории фильтрационной консолидации, продолжительность уплотнения слоя водонасыщенного грунта пропорциональна коэффициенту фильтрации и квадрату толщины слоя уплотняемого грунта. Для ускорения этого процесса, в толще уплотняемого водонасыщенного грунта устраиваются вертикальные песчаные сваи-дрены, которые создают пути фильтрации воды, отжимаемой из уплотняемого грунта, и тем самым уменьшают продолжительность его уплотнения.

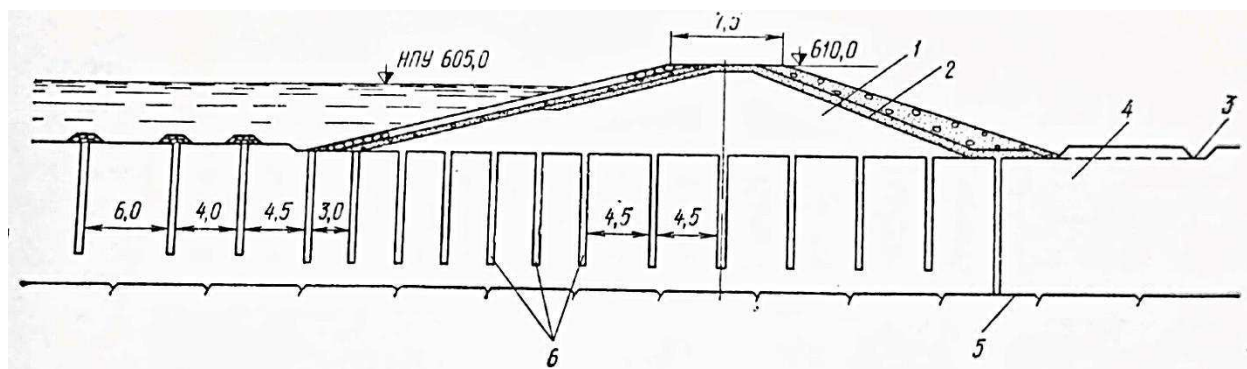
При таком дренировании избыточная поровая вода из основания удаляется в радиальном направлении к песчаным сваям-дренам по более коротким путям. Глубина и расстояние между песчаными сваями зависят от мощности дренируемого слоя и высоты плотины [4].

Известны технические решения песчаных дрен и дренажных прорезей, предназначенные для регулирования процесса консолидации слабопрочного слоя

водонасыщенного грунта в основании насыпей – гидротехнических, дорожных и др [1].

К недостаткам этих решений следует отнести технологические сложности при бурении множества скважин, особенно в случаях, когда применяется обсадка, и последующее заполнение этих скважин песком. Также весьма сложным и дорогостоящим становится выполнение этих работ при восходящей фильтрации по дренам и прорезам в процессе отжатия воды из консолидируемого слоя под действием собственного веса грунта. Примеры широкого использования песчаных дрен в отечественной практике, в т.ч. в зоне вечной мерзлоты, отсутствуют.

В качестве прототипа можно указать на устройство дренажа в оттаивающем основании плотины, сложенном водонасыщенными (в исходном состоянии – льдонасыщенными) мерзлыми термпросадочными грунтами, прорезаемыми песчаными дренами до коренных пород представленном на рисунке 3 [4].



1 – супесь; 2 – крепление откоса; 3 – кювет; 4 – термпросадочные грунты; 5 – коренные породы; 6 – песчаные сваи-дрены

Рисунок 3 – Дренаж основания плотины

К недостаткам данного технического решения по дренированию оттаивающего основания плотины относятся как технологические сложности, отмеченные еще в аналоге, так и другие затруднения, обусловленные спецификой вечной мерзлоты. В частности, интенсивность оттаивания и консолидации основания при использовании песчаных дрен зависит от температуры и заметно усложняется в зимний период. Весьма сложно решается вопрос незамерзающего

отвода воды, отжимаемой из оттаивающего слоя, где возможно образование наледей и деформаций уже построенной части сооружения.

Дренаживание песчаными сваями оттаивающих оснований плотин распространено в Канаде.

Выводы к главе «Общие сведения».

Безопасное возведение гидроотвалов на вечномёрзлом основании требует решения проблемы осушения грунта при его оттаивании. Т.к. в результате просадки или пучения грунта возможны массовые деформации зданий и сооружений, построенных без учета климатических условий. Многие факты свидетельствуют о том, что в последние десятилетия деструктивное воздействие криогенных процессов на объекты инфраструктуры в области распространения вечной мерзлоты усилилось.

Опыт строительства на вечномёрзлых грунтах показывает, что необходимо разработать эффективный метод отвода воды из мерзлого грунта при оттаивании, способного компенсировать отрицательное воздействие при строительстве и дальнейшем эксплуатировании гидроотвала.

2 Экспериментальная часть

2.1 Общая характеристика работы

Эксперимент производился в лаборатории строительного контроля. В качестве эксперимента было принято определение влажности мерзлого грунта.

Влажность грунта – это количество (%) содержащейся в нем воды по отношению к абсолютно сухой массе.

В данной диссертации применяется весовой метод определения влажности мерзлого грунта. Так влажность грунта будет определяться как отношение массы воды, удаленной из грунта высушиванием до постоянной массы, к массе высушенного грунта.

Оборудование необходимое для эксперимента:

1. электрошкаф сушильный СНОЛ 58/350 представленный на рисунке 4. Изготовитель ООО «Снол-Терм», г. Тверь. Заводской номер №14781, 2015 года выпуска. Диапазон автоматического регулирования температуры в рабочем пространстве, °С, 50...350. Стабильность температуры в установившемся тепловом режиме (без усадки), °С, - ± 1 ;



Рисунок 4 - Электрошкаф сушильный СНОЛ 58/350

2. весы электронные ЕД-15Н представленные на рисунке 5. Изготовитель CAS Corporation, Сеул, Южная Корея. Заводской номер № 1104ED154115, 2014 года выпуска. Погрешность и диапазон измерений: $\pm 0,5\text{г}$; 0,025-15,0 кг;



Рисунок 5 – Весы электронные ЕД-15Н

3. металлические противни массой 1252,0 г представленные на рисунке 6;



Рисунок 6 – Металлические противни

4. металлические сита: изготовитель ООО "РНПО "РосПрибор", г. Челябинск, 2018 года выпуска, заводской номер №207, диаметр отверстий 2,0 мм, масса одного сита 712,0 г представленные на рисунке 7;



Рисунок 7 – Сита металлические

5. сосуды с дистиллированной водой.

2.2 Определение суммарной влажности мерзлого грунта

Для определения влажности мерзлого грунта было взято несколько образцов замороженного в морозильной камере грунта массой 3 – 4 кг, имеющие разную влажность и не менее трех ледяных и минеральных прослоек каждого направления.

Влажность грунта устанавливается высушиванием образцов, в течение 5 часов, до постоянной массы при температуре 100–105 °С. Высушивание производится в сушильном шкафу, куда помещают образцы мерзлого грунта на предварительно высушенных, взвешенных и пронумерованных металлических противнях. Процесс высушивания проводят в течение пяти часов, после чего образец достают из сушильного шкафа и дают остыть при комнатной температуре.

Перед высушиванием и после образец взвешивался на весах с точностью до 1 г [15].

Полученные данные сведены в таблицу.

Таблица 1 – Результаты высушивания мерзлого грунта

| Вид грунта | Масса образца № 1, кг | Масса образца № 2, кг | Масса образца № 3, кг | Масса образца № 4, кг | Масса образца № 5, кг |
|------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Мерзлый | 3,12 | 3,25 | 3,61 | 3,72 | 4,16 |
| Высушенный | 2,577 | 2,690 | 2,903 | 3,101 | 3,447 |

Суммарная влажность мерзлого грунта, в %, определяется по формуле:

$$\omega_{tot} = 100 \cdot \frac{m_1 - m_0}{m_0 - m}, \quad (1)$$

где m – масса пустой тары, г;

m_1 – масса влажного грунта с тарой, г;

m_0 – масса высушенного грунта с тарой, г.

Проанализировав полученные данные в результате опыта, по формуле (1) получаем следующую суммарную влажность:

1. для образца № 1:

$$\omega_{tot 1} = 100 \cdot \frac{3120 - 2577}{2577 - 1252} = 38,981 \%;$$

2. для образца № 2:

$$\omega_{tot 2} = 100 \cdot \frac{3250 - 2690}{2690 - 1252} = 38,942 \%;$$

3. для образца № 3:

$$\omega_{tot 3} = 100 \cdot \frac{3610 - 2903}{2903 - 1252} = 42,770 \%;$$

4. для образца № 4:

$$\omega_{tot 4} = 100 \cdot \frac{3720-3101}{3101-1252} = 33,477 \%;$$

5. для образца № 5:

$$\omega_{tot 5} = 100 \cdot \frac{4160-3447}{3447-1252} = 32,482 \%.$$

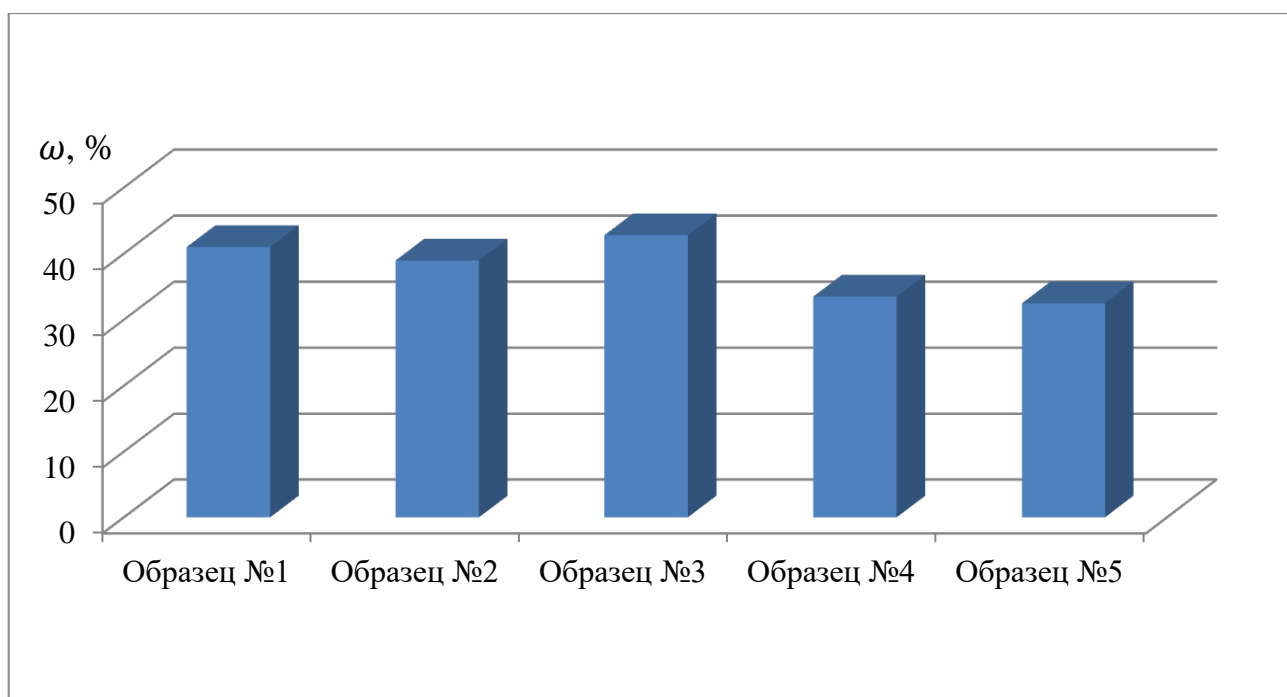


Рисунок 8 – Результаты расчета суммарной влажности грунта

В некоторых случаях важно установить не только общую суммарную влажность грунта, но отдельно и влажность крупнообломочных частиц грунта, и влажность заполнителя.



Рисунок 9 – Образец высушенного грунта

Влажность крупнообломочной части грунта (частиц размером более 2 мм) принимают равной величине их водоудерживающей способности, которую определяют следующим образом. Образец грунта после его высушивания на противнях рассеивают на ситах известной массы с отверстиями диаметром 2 мм (рисунок 9). Сито с крупными частицами взвешивают на весах с точностью до 1 г и помещают в сосуд с водой на 1 ч. Дав стечь избытку воды, сито вновь взвешивают и рассчитывают влажность по формуле (1) [15]:

Таблица 2 – Результаты взвешивания крупнообломочных частиц

| Вид образца | Масса образца № 1, кг | Масса образца № 2, кг | Масса образца № 3, кг | Масса образца № 4, кг | Масса образца № 5, кг |
|-------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Сухой | 1,887 | 1,794 | 1,967 | 1,929 | 2,321 |
| Влажный | 2,287 | 2,143 | 2,399 | 2,471 | 2,863 |

Проанализировав результаты, по формуле (1) получаем следующую влажность:

1. для образца № 1:

$$\omega_{tot 1} = 100 \cdot \frac{2287-1887}{1887-712} = 34,042 \%;$$

2. для образца № 2:

$$\omega_{tot 2} = 100 \cdot \frac{2143-1794}{1794-712} = 24,269 \%;$$

3. для образца № 3:

$$\omega_{tot 3} = 100 \cdot \frac{2399-1967}{1967-712} = 34,422 \%;$$

4. для образца № 4:

$$\omega_{tot 4} = 100 \cdot \frac{2471-1929}{1929-712} = 44,535 \%;$$

5. для образца № 5:

$$\omega_{tot 5} = 100 \cdot \frac{2863-2321}{2321-712} = 33,685 \%$$

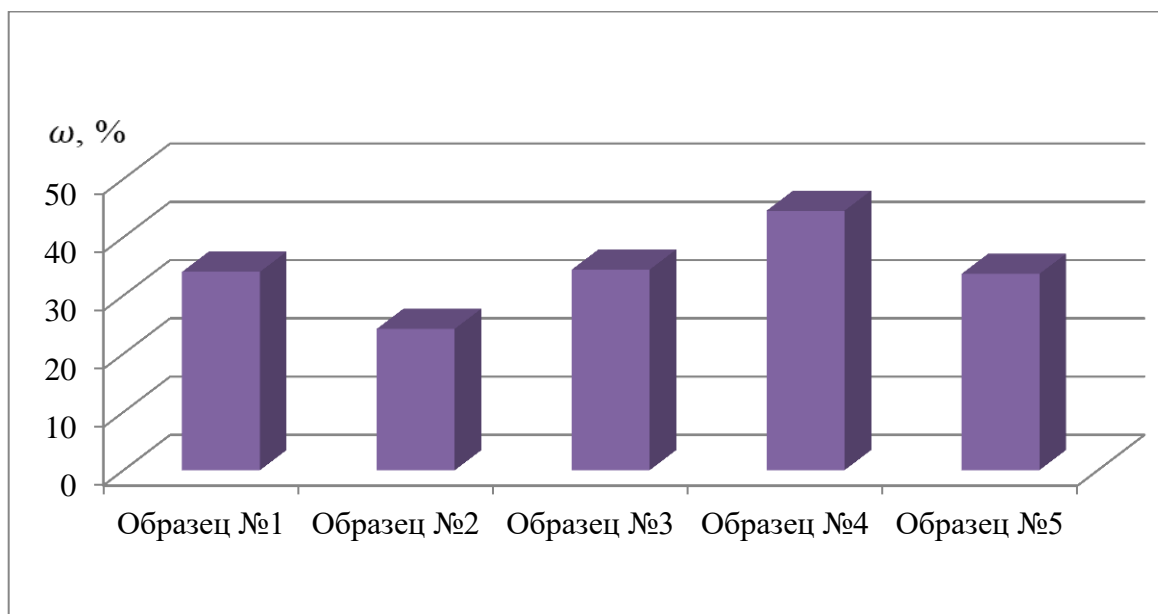


Рисунок 10 – Результаты расчета влажности крупнообломочных частиц грунта

Выводы к главе «Экспериментальная часть».

В данной главе в результате проведения опыта были получены суммарная влажность грунта и влажность крупнообломочных частиц. Мерзлые грунты в природной обстановке, в силу их текстурных особенностей, могут быть весьма неоднородными, и влажность их в различных частях даже небольшого образца может резко колебаться. Эти важные особенности строения мерзлых грунтов в значительной степени усложняют методику определения влажности.

3 Промерзание-оттаивание вечномёрзлого основания

Важные для строительства явления в грунтах связаны с их промерзанием и оттаиванием и соответственно с переходами воды в лед и обратно.

Промерзание деятельного слоя в зимний период может происходить не на всю глубину, в этом случае говорят о не сливающейся мерзлоте, так как между деятельным слоем и многолетней мерзлотой будет находиться прослойка талого грунта [2].

Сезонное промерзание представляет собой промерзание талых пород, имеющих среднюю температуру выше $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Сезонномёрзлый слой (СМС) подстилается немерзлыми породами и образуется за счет теплооборотов, идущих при отрицательных температурах пород (в отдельные сезоны температура на подошве СМС температура может быть ниже $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, но не ниже температуры замерзания воды в грунтах).

Сезонное протаивание представляет собой протаивание мерзлых пород, имеющих среднюю годовую температуру ниже $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Среднегодовая температура на подошве сезонноталого слоя (СТС) таким образом ниже $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. СТС образуется за счет теплооборотов, идущих при положительных температурах пород.

В области СМС зимние теплообороты значительно меньше летних и почти полностью идут на сезонное промерзание грунтов. Летние теплообороты лишь частично идут на протаивание СМС, остальное – на сезонные колебания положительных температур в нижележащих породах.

В области сезонного протаивания летние теплообороты меньше зимних и в значительной степени используется на сезонное протаивание. Зимние теплообороты частично используются на промерзание СТС, частично – на сезонные колебания температуры в нижележащих породах [21].

Наличие прослоя талого грунта при не сливающимся деятельном слое, важно с точки зрения возможности прокладки в этом слое инженерных коммуникаций.

В процессе промерзания и оттаивания могут происходить деформации грунта, которые достигают 20 – 30 % и более. Из курса физики известно, что вода при

замерзании увеличивается всего на $\approx 9\%$, однако в природных условиях данное явление объясняется миграцией влаги (перемещение грунтовой воды из нижележащих талых слоёв к фронту промерзания), которая в большой степени проявляется в глинистых грунтах. Это явление приводит к морозному пучению грунтов [19].

Сезонное оттаивание почв и горных пород может наблюдаться только в области распространения многолетней криолитозоны при условии, что СТС при промерзании зимой сливается с многолетнемерзлой толщей. Сезонное промерзание пород распространено за пределами криолитозоны и внутри ее, где мерзлые породы имеют прерывистое распространение или залегают на значительной глубине [14].

Глубина сезонного промерзания талых пород и сезонного оттаивания мерзлых пород обычно изменяется от первых десятков сантиметров в льдистых торфах до 1–3 м в дисперсных и до 3–7 м в коренных породах.

По длительности существования мерзлого состояния пород принято различать следующие разновидности:

1. кратковременномерзлые породы (часы, сутки);
2. сезонномерзлые породы (месяцы);
3. многолетнемерзлые породы (годы, сотни и тысячи лет).

Между этими категориями мерзлых пород могут образовываться промежуточные формы и взаимные переходы.

Многолетнемерзлые толщи горных пород по типу промерзания подразделяются на эпигенетически и сингенетически промерзающие.

К эпигенетически промерзшим (эпикриогенным) относятся горные породы, которые перешли в многолетнемерзлое состояние после того, как завершился процесс накопления осадков и их диагенетического преобразования.

Сингенетически промерзшие (синкриогенные) горные породы формируются из осадочных отложений на мерзлом субстрате, когда геологически синхронно происходят накопление осадка и его переход в мерзлое состояние. Также выделяются диакриогенные (парасинкриогенные) толщи, которые формируются при

промерзания (сверху вниз и с боков) переувлажненных нелигифицированных пород (свежеотложенных осадков и илов) [16].

Из-за значительного колебания температур в деятельном слое, происходят различные процессы.

В ходе промерзания влажных пылевато-глинистых грунтов и пылеватых мелких песков, как правило, происходит морозное пучение грунта, которое является следствием увеличения объема воды при переходе ее в лед и миграции влаги из нижних горизонтов к фронту промерзания. Морозное пучение в случае сливающегося деятельного слоя весьма ограничено и обычно не превышает 3 % его толщины. Однако если происходит движение надмерзлотной грунтовой воды или деятельный слой не промерзает до верхней границы мерзлой толщи, то морозное пучение может быть весьма существенным и оказывать значительное влияние на конструкции, расположенные в пределах его интенсивного воздействия. Эти конструкции в ходе промерзания могут подниматься силами пучения вверх, весной же они не могут перемещаться вниз вместе с оседающим грунтом, который оттаивает сверху, так как удерживаются еще не оттаявшей частью деятельного слоя, а иногда и массивом многолетнемерзлого грунта. Следствием этого является выучивание конструкций, заглубленных в грунт (опор трубопроводов, фундаментов и др.).

При наличии надмерзлотных подземных вод, перемещающихся вниз по склону, создаются условия для образования грунтовых наледей. Наледи могут образовываться в местах выхода на поверхность межмерзлотных и подмерзлотных грунтовых вод, а также в замкнутых объемах обводненного песчаного грунта, поскольку промерзание воды в нем приводит к ее отжатию от фронта промерзания; возникает гидростатическое давление, вызывающее поднятие промерзшего слоя.

В верхней части промерзающего слоя температура грунта понижается наиболее сильно. Грунт ведет себя как твердое тело и уменьшается в объеме. Это приводит к небольшому опусканию поверхности грунта по вертикали и к возникновению в нем горизонтальных растягивающих напряжений. Под их воздействием в грунте образуются морозобойные трещины. Их образованию также

способствует изгиб промерзшего слоя, так как в верхней части он наиболее сильно сжимается в результате понижения температуры. Воздействие морозобойных трещин на линейные сооружения (трубопроводы, подземные кабели и др.) приводит к их разрушению. Криогенные деформации нефте- и газопроводов приводят к экологическим катастрофам на обширных территориях.

Солифлюкция – медленное сползание грунта по склонам – происходит в пучинистых грунтах. Причиной этого процесса является поднятие частиц грунта, расположенных у поверхности земли, по нормали к ней при промерзании и развитии пучения и опускание их при оттаивании под действием собственного веса по вертикали вниз (из точки *B* в точку *C*). Солифлюкция оказывает отрицательное воздействие на линейные сооружения, прокладываемые на склонах.

Термокарстовые просадки развиваются даже при незначительном изменении условий теплообмена поверхности грунта с атмосферой (уничтожение растительного покрова и др.). Увеличение количества тепла, проникающего его в льдонасыщенный мерзлый грунт, приводит к его интенсивному таянию. Это вызывает опускание дневной поверхности иногда на несколько метров. При отсутствии стока воды образуется термокарстовое озеро, способствующее дальнейшему протаиванию многолетнемерзлого массива. На рисунке 11 представлено разрушение дамбы на золоотвале при термокарстовой просадке.



Рисунок 11 – Разрушения дамбы на золоотвале Абаканской ТЭЦ

Опыт строительства в криолитозоне показывает, что застройка территорий без учета геоэкологических факторов приводит к увеличению глубины оттаивания грунтов и к просадке поверхности грунта [17].

Различают расчетную и нормативную глубину сезонного промерзания и оттаивания вечномерзлого грунтов. Расчетные значения учитывают тепловое влияние зданий и сооружений на глубину промерзания и оттаивания грунта, нормативные значения определяют по данным натурных измерений за срок не менее 10 лет или рассчитывают по среднегодовым многолетним данным о температуре воздуха и вечномерзлых грунтов [3].

3.1. Методика расчета глубины сезонного оттаивания грунта

Глубина сезонного оттаивания d_{th} , м, определяется по формуле

$$d_{th} = k_h \cdot d_{th,n}, \quad (2)$$

где: k_h – коэффициент теплового влияния сооружения, принимаемый по таблице 5;
 $d_{th,n}$, – нормативная глубина сезонного оттаивания грунта, м, рассчитываемая по формуле (3).

$$d_{th,n} = \sqrt{\frac{2 \cdot \lambda_{th} \cdot (T_{th,c} - T_{bf}) \cdot t_{th,c}}{q_1}} + \left(\frac{Q}{2 \cdot q_1}\right)^2 - \frac{Q}{2 \cdot q_1}, \quad (3)$$

где: Q – параметр, определяющий отток тепла в мерзлый грунт, Вт · ч/м³;
 q_1 – удельная теплота таяния многолетнемерзлого грунта Вт · ч/м³.

$$Q = \left(0,25 - \frac{t_{th,c}}{t_1}\right) \cdot (T_0 - T_{bf}) \cdot k_m \cdot \sqrt{\lambda_f \cdot C_f \cdot t_{th,c}}, \quad (4)$$

$$q_1 = L_v + \left(\frac{t_{th,c}}{t_2} - 0,1\right) \cdot [C_{th}(T_{th,c} - T_{bf}) - C_f(T_0 - T_{bf})], \quad (5)$$

где: $T_{th,c}$ – расчетная температура, °С, поверхности грунта за период положительных температур, определяемая по формуле:

$$T_{th,c} = 1,4 \cdot T_{th,m} + 2,4, \quad (6)$$

где: $t_{th,c}$ – расчетная продолжительность летнего периода, ч, определяемая по формуле:

$$t_{th,c} = 1,15 \cdot t_{th,m} + 0,1 \cdot t_1, \quad (7)$$

где: $T_{th,m}$ и $t_{th,m}$ – соответственно средняя по многолетним данным температура воздуха за период положительных температур, °С, и продолжительность этого периода, ч, принимаемые по СНиП 2.01.01-82, причем для климатических подрайонов ИБ и ИГ значения $T_{th,m}$ и $t_{th,m}$ следует принимать с коэффициентом 0,9;

T_0 – среднегодовая температура вечномерзлого грунта, °С;

T_{bf} – температура начала замерзания грунта, принимаемая по таблице 6;

λ_{th} и λ_f – теплопроводность соответственно талого и мерзлого грунта, Вт/(м·°С), {ккал/(м·ч·°С)};

C_{th} и C_f – объемная теплоемкость соответственно талого и мерзлого грунта, Вт·ч/(м³·°С), Дж/(м³·°С) {ккал/(м³·°С)};

t_1 – время, принимаемое равным $1,3 \cdot 10^7$ с (3600 ч). Если в расчетах размерность коэффициентов λ_{th} и λ_f берем в Вт/(м·°С) то время в часах;

t_2 – время, принимаемое равным $2,7 \cdot 10^7$ с (7500 ч);

k_m – коэффициент, принимаемый для песчаных грунтов равным 1,0, а для пылевато-глинистых – по таблице 3 в зависимости от значения теплоемкости C_f и средней температуры грунта \bar{T} , °С, определяемой по формуле (8);

L_v – теплота таяния (замерзания) грунта, Вт·ч/м³, Дж/м³ (ккал/м³), определяемая по формуле (9).

$$\bar{T} = (T_0 - T_{bf}) \cdot \left(\frac{t_{th,c}}{t_1} - 0,22 \right), \quad (8)$$

$$L_v = L_0(\omega_{tot} - \omega_\omega) \cdot \rho_{df}, \quad (9)$$

где: L_0 – теплота фазовых превращений в расчете на единицу массы, $93 \text{ Вт} \cdot \frac{\text{ч}}{\text{кг}}$,

C_f – объемная теплоемкость мерзлого грунта, $\text{Вт} \cdot \text{ч}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$, $\text{Дж}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$ [$\text{ккал}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$];

ρ_d – плотность скелета мерзлого ρ_{df} или ρ_{ath} талого грунта, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Влажность мерзлого грунта за счет незамерзшей воды рассчитывается по формуле:

$$\omega_\omega = k_\omega \cdot \omega_p, \quad (10)$$

где: k_ω – коэффициент, принимаемый по таблице 4 в зависимости от числа пластичности I_p и температуры грунта T , $^\circ\text{C}$;

ω_p – влажность грунта на границе пластичности (раскатывания), доли единицы.

Таблица 3 – Значение коэффициента k_m

| Температура \bar{T} , $^\circ\text{C}$ | Значения коэффициента k_m при объемной теплоемкости C_f , $\text{Вт} \cdot \text{ч}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$, $\text{Дж}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$ [$\text{ккал}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$] | | | |
|---|---|------------------------|------------------------|------------------------|
| | $1,3 \cdot 10^6$ (300) | $1,7 \cdot 10^6$ (400) | $2,1 \cdot 10^6$ (500) | $2,5 \cdot 10^6$ (600) |
| -1 | 6,8 | 5,9 | 5,3 | 5,0 |
| -2 | 5,2 | 4,5 | 4,0 | 3,7 |
| -4 | 3,7 | 3,2 | 2,8 | 2,5 |
| -6 | 3,0 | 2,6 | 2,3 | 2,1 |
| -8 | 2,5 | 2,2 | 1,9 | 1,6 |
| -10 | 1,8 | 1,6 | 1,4 | 1,2 |

Таблица 4 – Значения коэффициента k_ω

| Грунты | Число пластичности I_p , доля единицы | Коэффициент k_ω при температуре грунта T , °С | | | | | | | | |
|----------------|---|--|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | -0,3 | -0,5 | -1 | -2 | -3 | -4 | -6 | -8 | -10 |
| Пески и супеси | $I_p \leq 0,02$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Супеси | $0,02 < I_p \leq 0,07$ | 0,6 | 0,50 | 0,40 | 0,35 | 0,33 | 0,30 | 0,28 | 0,26 | 0,25 |
| Суглинки | $0,07 < I_p \leq 0,13$ | 0,7 | 0,65 | 0,60 | 0,50 | 0,48 | 0,45 | 0,43 | 0,41 | 0,40 |
| Суглинки | $0,13 < I_p \leq 0,17$ | * | 0,75 | 0,65 | 0,55 | 0,53 | 0,50 | 0,48 | 0,46 | 0,45 |
| Глины | $I_p > 0,17$ | * | 0,95 | 0,90 | 0,65 | 0,63 | 0,60 | 0,58 | 0,56 | 0,55 |

Примечание. В таблице знак «*» означает, что вся вода в порах грунта не замерзшая [3].

3.2 Методика расчета глубины сезонного промерзания грунта

Расчетная глубина сезонного промерзания грунта d_f определяется по формуле:

$$d_f = k_h \cdot d_{f,n}, \quad (11)$$

где: k_h – коэффициент теплового влияния зданий и сооружений, принимаемый по таблице 5;

$d_{f,n}$ – нормативная глубина сезонного промерзания грунта в годовом периоде, м определяемая по формуле:

$$d_{f,n} = \sqrt{\frac{2 \cdot \lambda_f \cdot (T_{bf} \cdot T_{f,m}) \cdot t_{f,m}}{q_2}}, \quad (12)$$

где: λ_f – теплопроводность мерзлого грунта, Вт/(м·°С), [ккал/(м·ч·°С)];

T_{bf} – температура начала замерзания грунта, °С, определяемая по таблице 6;

$T_{f,m}$ и $t_{f,m}$ – соответственно средняя по многолетним данным температура воздуха за период отрицательных температур, °С и продолжительность этого периода, ч, принимаемые по СНиП 2.01.01-82 [3].

Таблица 5 – Значения коэффициента k_h

| Особенности сооружения | k_h при температуре воздуха в помещении, °С | | | | |
|--|---|-----|-----|-----|------------|
| | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 и более |
| без подвала с полами по грунту | 0,9 | 0,8 | 0,7 | 0,6 | 0,5 |
| без подвала с полами по утепленному перекрытию | 1,0 | 1,0 | 0,9 | 0,8 | 0,7 |
| с подвалом и техподпольем | 0,8 | 0,7 | 0,6 | 0,5 | 0,4 |

Таблица 6 – Значения температуры начала замерзания грунта T_{bf}

| Грунты | Температура начала замерзания грунта T_{bf} , °С |
|---------------------|--|
| Песчаные | 0 |
| Пылевато-глинистые: | -0,2 |
| Супеси | -0,1 |
| Суглинки и глины | -0,2 |

$$q_2 = L_v - 0,5 \cdot C_f \cdot (T_{f,m} - T_{bf}), \quad (13)$$

где: q_2 – количество тепла, выделяемое при замерзании воды, Вт · ч/м³,

L_v – теплота замерзания грунта, Вт · ч/м³, Дж/м³ (ккал/м³) определяемая по формуле:

$$L_v = L_0(\omega_{tot} - \omega_{\omega}) \cdot \rho_{dth}. \quad (14)$$

3.3 Расчет глубины сезонного промерзания-оттаивания грунта

Таблица 7 – Исходные данные для расчета

| Обозначение | Значение | Обозначение | Значение |
|---|----------|----------------------------------|----------|
| k_h | 0,9 | t_1 , ч | 3600 |
| $T_{th,m}$, °С | 19,3 | t_2 , ч | 7500 |
| $t_{th,m}$, ч | 4128 | ρ_{af} , кг/м ³ | 1400 |
| T_0 , °С | -2 | ρ_{dth} , кг/м ³ | 1600 |
| T_{bf} , °С | -0,2 | I_p , д. е. | 0,12 |
| λ_{th} , Вт/(м · °С) | 1,45 | T , °С | -8 |
| λ_f , Вт/(м · °С) | 1,57 | ω_p , д. е. | 0,22 |
| C_{th} , Вт · ч/(м ³ · °С) | 740 | $T_{f,m}$, °С | -22 |
| C_f , Вт · ч/(м ³ · °С) | 505 | $t_{f,m}$, ч | 5616 |
| ω_{tot} , д. е. | -0,5 | | |

Для данного расчета будет принят тип грунта – суглинки.

По формулам (2) – (10) расчет глубины сезонного оттаивания выглядит следующим образом:

$$1. T_{th,c} = 1,4 \cdot 19,3 + 2,4 = 29,42 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$2. t_{th,c} = 1,15 \cdot 4128 + 0,1 \cdot 3600 = 5107,2 \text{ ч};$$

$$3. \bar{T} = (-2 + 0,3) \cdot \left(\frac{5107,2}{3600} - 0,22 \right) = -2,023 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$4. L_v = 93(0,5 - 0,09) \cdot 1400 = 53382 \text{ Вт/ч} \cdot \text{м}^3;$$

$$5. q_1 = 53382 + \left(\frac{5107,2}{7500} - 0,1 \right) \cdot [740 \cdot (29,42 + 0,3) - 505 \cdot (-2 + 0,3)] = 66635,75 \text{ Вт/ч} \cdot \text{м}^3;$$

$$6. Q = \left(0,25 - \frac{5107,2}{3600} \right) \cdot (-2 + 0,3) \cdot 4 \cdot \sqrt{1,57 \cdot 505 \cdot 5107,2} = 15872,78 \text{ Вт/ч} \cdot \text{м}^3;$$

$$7. d_{th,n} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,45 \cdot (29,42 + 0,3) \cdot 5107,2}{66635,75}} + \left(\frac{15872,78}{2 \cdot 66635,75} \right)^2 - \frac{15872,78}{2 \cdot 66635,75} = 2,465 \text{ м};$$

$$8. d_{th} = 0,9 \cdot 2,465 = 2,218 \text{ м};$$

Расчет глубины сезонного промерзания грунта по формулам (11) – (14):

$$1. L_v = 93(0,5 - 0,09) \cdot 1600 = 61008 \text{ Вт/ч} \cdot \text{м}^3;$$

$$2. q_2 = 61008 - 0,5 \cdot 505 \cdot (-22 + 0,3) = 66487,25 \text{ Вт/ч} \cdot \text{м}^3;$$

$$3. d_{f,n} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,57 \cdot (-0,3 \cdot (-22)) \cdot 5616}{66487,25}} = 1,32 \text{ м};$$

$$4. d_f = 0,9 \cdot 1,32 = 1,19 \text{ м}.$$

Полученные результаты сведены в таблицу 8. На рисунках 12-13 представлены графики сравнения глубин промерзания и оттаивания в разные месяцы.

Таблица 8 – Результаты расчета промерзания-оттаивания мерзлого грунта

| Обозначение | Полученное значение |
|----------------------------------|---------------------|
| $T_{th,c}$, °C | 29,42 |
| $t_{th,c}$, ч | 5107,2 |
| \bar{T} , °C | -2,023 |
| k_m | 4 |
| ω_ω , Д. е. | 0,09 |
| L_{v1} , Вт · ч/м ³ | 53382 |
| q_1 , Вт · ч/м ³ . | 66635,75 |
| Q , Вт · ч/м ³ | 15872,78 |
| $d_{th,n}$, м | 2,465 |
| d_{th} , м | 2,218 |
| L_{v2} , Вт · ч/м ³ | 61008 |
| q_2 , Вт · ч/м ³ . | 66487,25 |
| $d_{f,n}$, м | 1,32 |
| d_f , м | 1,19 |

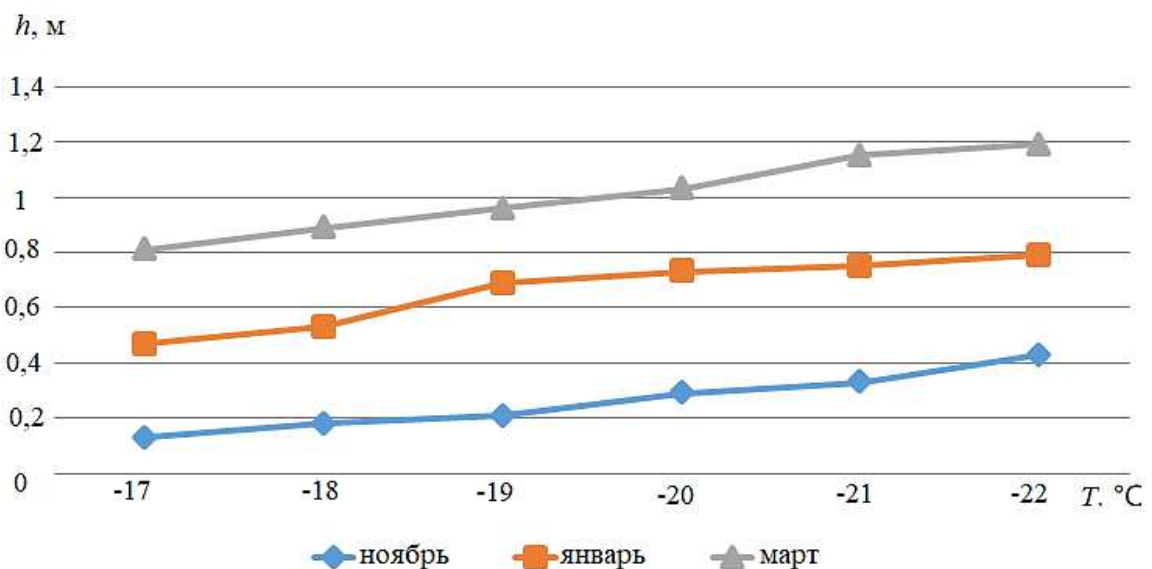


Рисунок 12 – График сравнения глубин промерзания грунта за три месяца

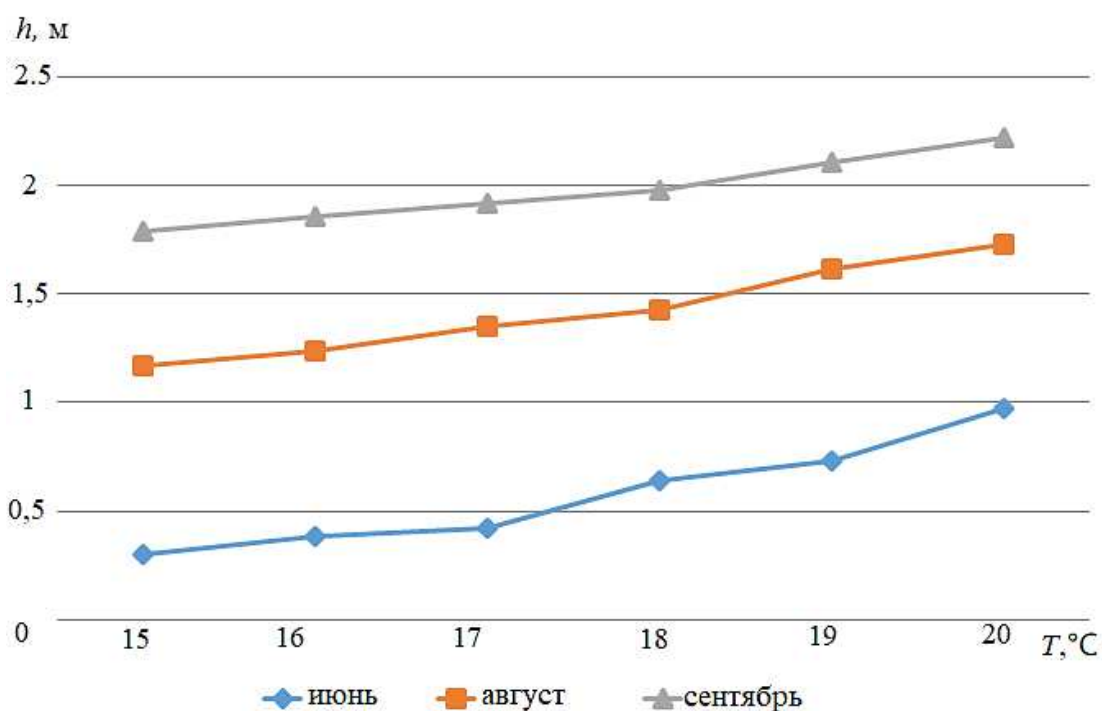


Рисунок 13 – График сравнения глубин оттаивания грунта за три месяца

3.4. Расчет статистической устойчивости

Расчеты статической и сейсмической устойчивости откосов ограждающей дамбы выполнены на ЭВМ по программе Казмеханобр-СибНИИГ по методу круглоцилиндрических поверхностей скольжения. Для каждого отсека обрушения реализован расчет коэффициента запаса устойчивости по методу моментов и методу горизонтальных сил. Для анализа и взаимного контроля каждый расчет выполняли по трем способам: Терцаги, Р.Р. Чугаева (способ весового давления) и способу бокового давления. Для заданных условий расчета и профиля дамбы поиск минимума осуществляется по методу горизонтальных сил и способу бокового давления.

Оценка проведена с учетом требований СНиП II-7-81 «Строительство в сейсмических районах». В соответствии с п. 5.1, примечание 2, в районах с сейсмичностью 6 баллов сейсмичность площадки.

В расчетах учитываются следующие нагрузки и воздействия:

1. вес грунта отсека обрушения;
2. фильтрационное давление воды;

3. поровое давление в неконсолидированных грунтах;

4. сейсмические воздействия.

Расчет выполняется с учетом и без учета сейсмических нагрузок.

Физико-механические свойства грунта приведены в таблице 9.

Таблица 9– Физико-механические свойства грунтов

| Наименование грунта | Плотность сухого грунта ρ_d , т/м ³ | Плотность влажного грунта ρ , т/м ³ | Угол внутреннего трения φ , град ($tg\varphi$) | | Коэффициент сцепления, С, т/м ² | | Коэффициент бокового давления ξ , д.е. | Коэффициент степени консолидации U, д.е |
|---------------------|---|---|--|--------------------|--|--------------------|--|---|
| | | | во влажном сост. | в водонасыщ. сост. | во влажном сост. | в водонасыщ. сост. | | |
| Песок средний | 1,52 | 1,59 | 25 (0,466) | 23 (0,42) | 0,15 | 0,12 | 0,39 | 1 |

Результат расчета представлен на рисунках 14, 15.

При оценке устойчивости откосов насыпи определены коэффициенты устойчивости, которые изменяются в диапазоне от 0,82 до 1,19, общая устойчивость откосов не обеспечивается для заложения откосов 1:1,5. Результаты расчета статической устойчивости насыпи позволяют рекомендовать уменьшить крутизну откоса от 1:1,5 до 1:2, в этом случае диапазон изменяется от 1,24 до 1,67.

Выводы к главе «Промерзание-оттаивание вечномерзлого основания»

Строительство в криолитозоне невозможно без учета геоэкологических факторов, т.к. это может привести к увеличению глубины оттаивания грунтов и к просадке поверхности грунта. Поэтому важные для строительства явления в грунтах связаны с их промерзанием и оттаиванием.

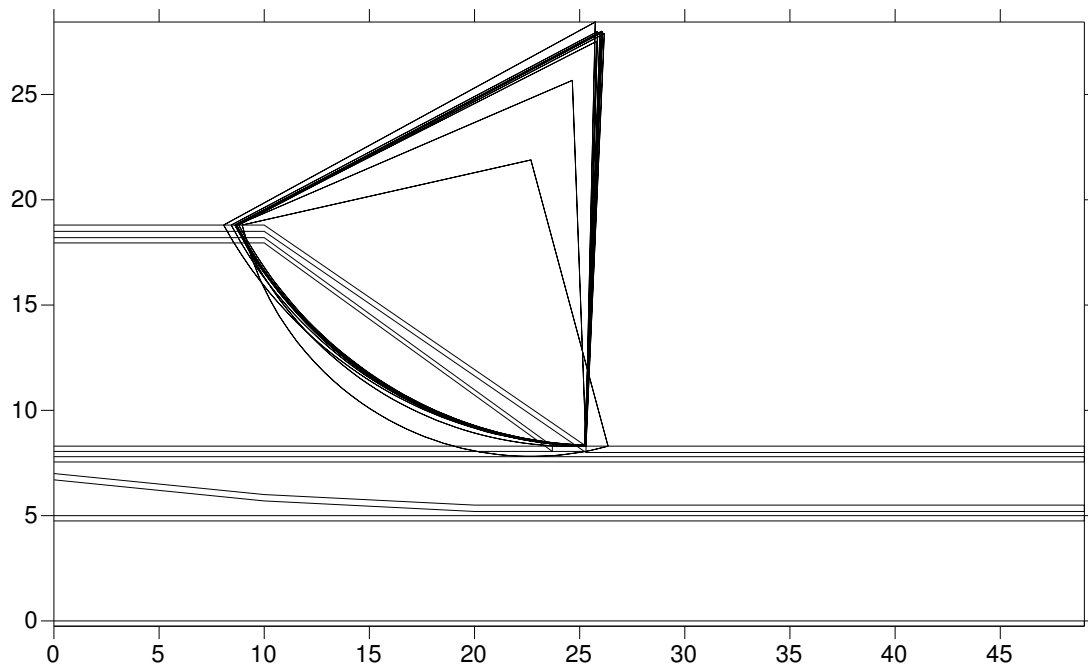


Рисунок 14 – Результат расчета устойчивости с заложением откоса 1:1,5

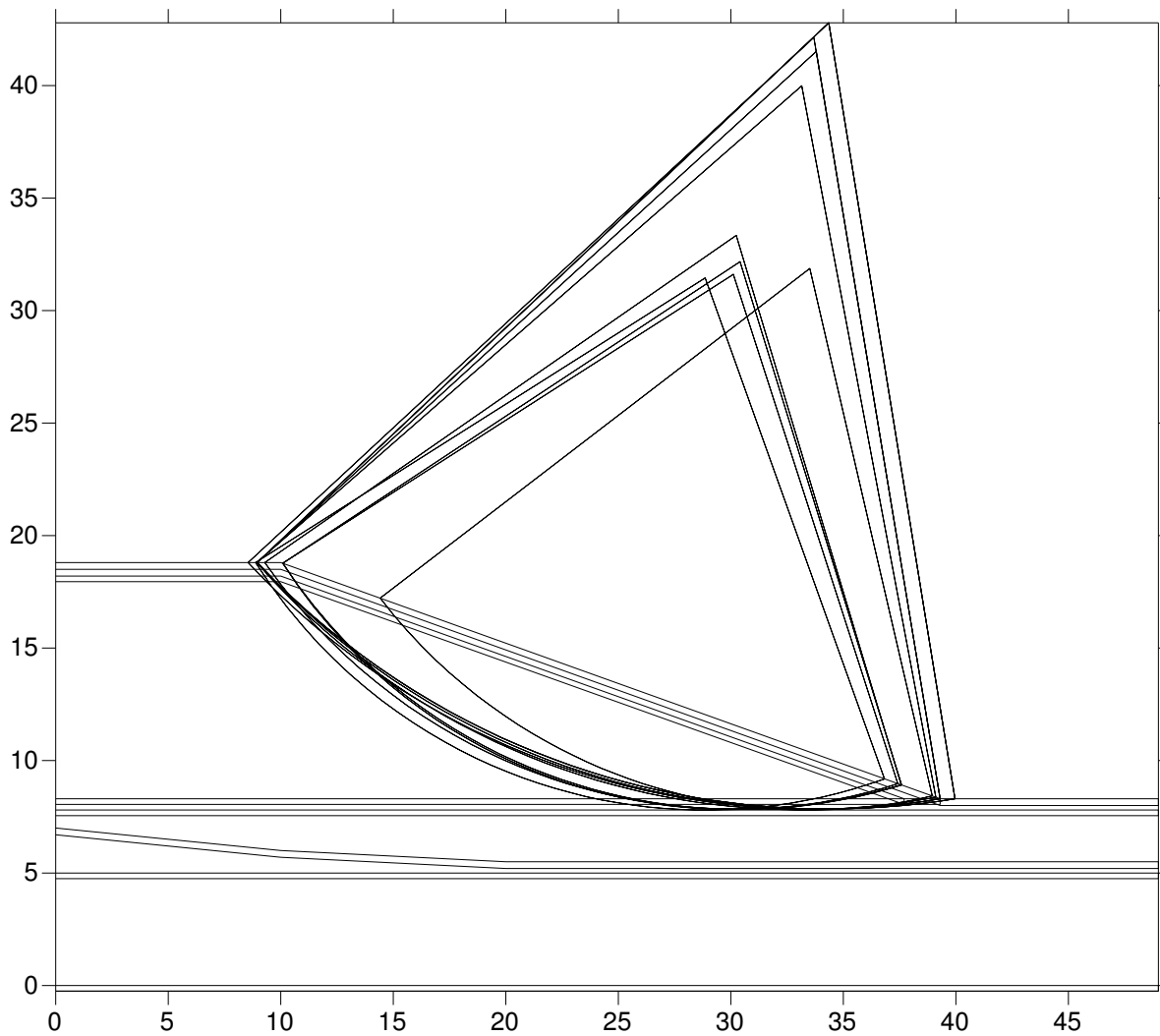


Рисунок 15 - Результат расчета устойчивости с заложением откоса 1:2

В результате промерзания-оттаивания возможны просадки или пучения грунта, которые могут привести к массовым деформациям зданий и сооружений, построенных без учета климатических условий. Многие факты свидетельствуют о том, что в последние десятилетия деструктивное воздействие криогенных процессов на объекты инфраструктуры в области распространения вечной мерзлоты усилилось.

В результате проведенных расчетов в данной главе были получены глубины сезонного промерзания и оттаивания мерзлого грунта, что равно соответственно 1,19 м и 2,218 м., а также по результатам расчета статической устойчивости насыпи было рекомендовано уменьшить крутизну откоса от 1:1,5 до 1:2.

4 Осушение вечномерзлого основания при промерзании-оттаивании грунта

4.1 Устройство дренажных прорезей

Работа дренажных устройств заключается в отводе (осушении) основания по вновь создаваемым искусственным подземным путям.

Для этого в водоносном пласту прокладывают «каналы-осушители», или «дрены», которые непосредственно отбирают (осушают) воду из грунта и подводят ее к различного рода проводящим (транспортирующим) устройствам, служащих для быстрого вывода дренажных вод в естественные водоприемники.

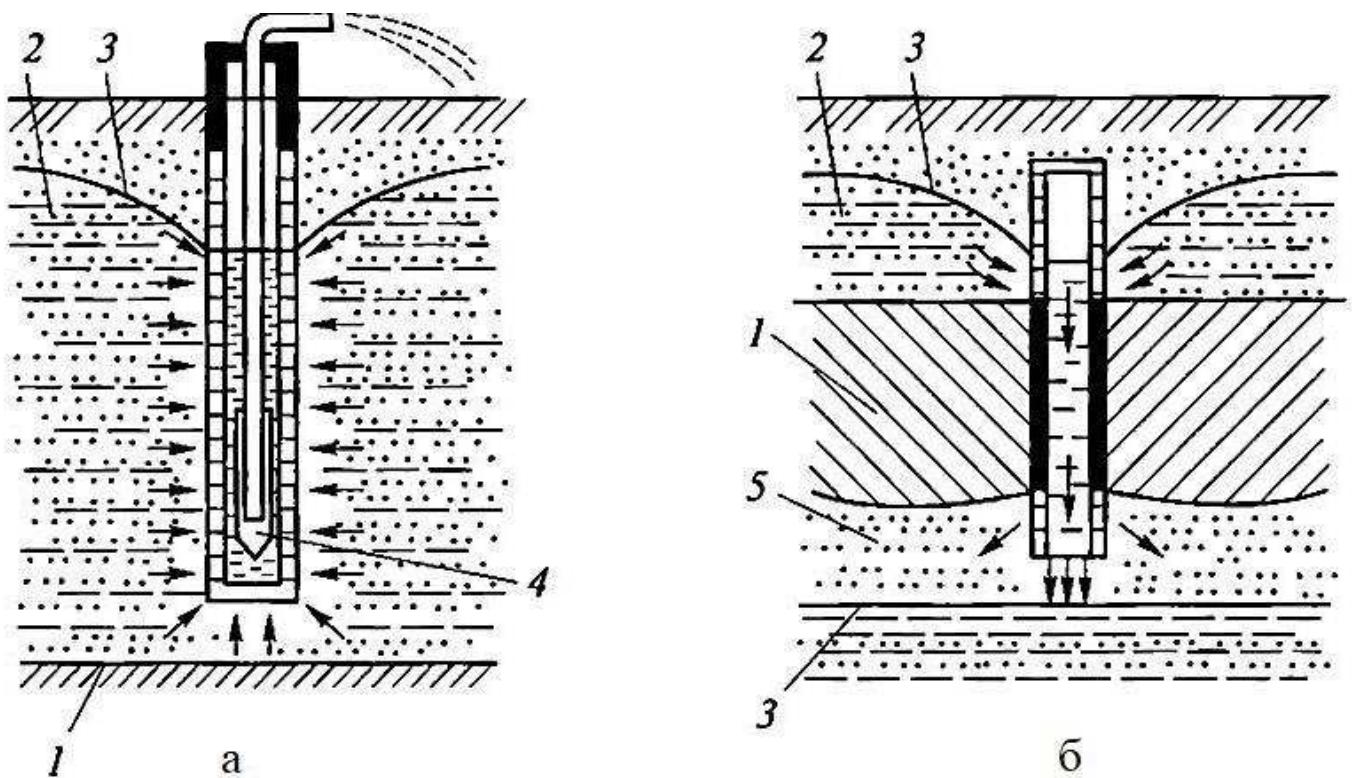
Подземные дренажные прорези представляют собой подземные сооружения, позволяющие искусственно понижать уровень талых вод (осушать оттаявшее мерзлое основание) в течение длительного времени (десятки лет).

Подземные дренажи предназначены для улучшения строительных условий на промышленных площадках характеризующихся неблагоприятным оттаиванием вечномерзлых грунтов.

По природным (почвенным, геологическим, гидрогеологическим) и экономическим условиям различают следующие типы дренажей:

1. горизонтальный – когда отводящие водотоки (дрены) располагаются горизонтально с некоторым уклоном в сторону стекания воды;
2. вертикальный – выполняется в виде вертикальных колодцев или скважин [6].

На рисунке 16 представлена схема работы дренажных колодцев вертикального типа.



а – с откачкой воды; б – с поглощением воды в грунт; 1 – водонепроницаемый слой; 2 – осушаемый водопроницаемый слой; 3 – уровень грунтовых вод; 4 – насос; 5 – поглощающий водоносный слой

Рисунок 16 – Схема работы дренажных колодцев вертикального дренажа

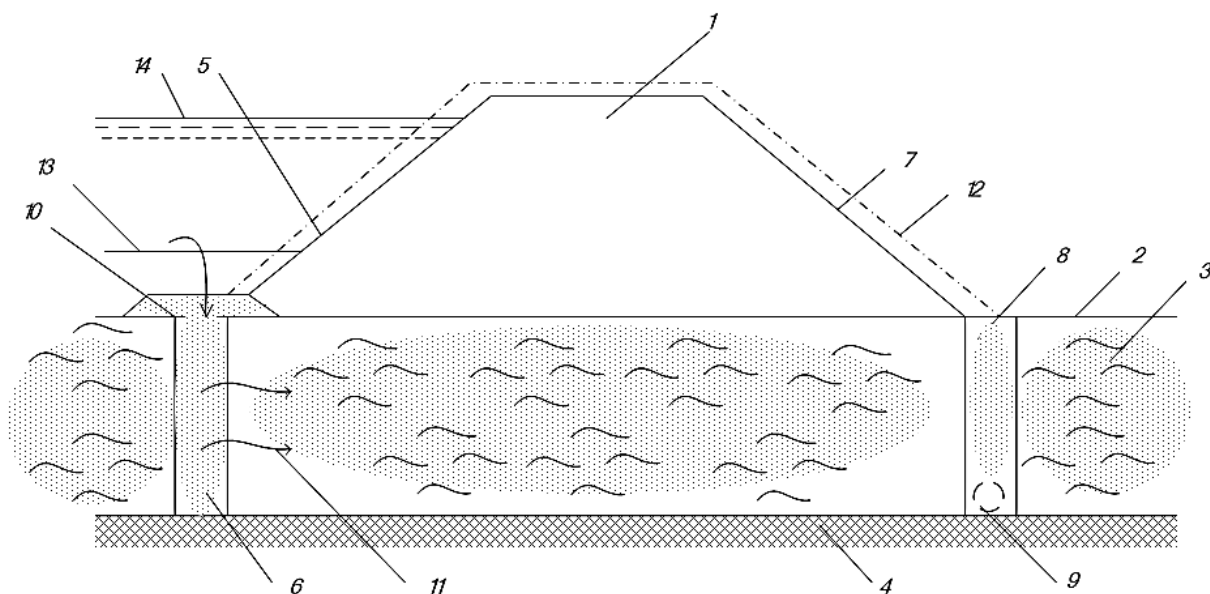
4.2 Техническое решение

Техническое решение заключается в создании эффективной системы дренирования оттаивающего мерзлого основания плотины (дамбы) при строительстве ее в зоне вечной мерзлоты.

В основании плотины (дамбы), выполняются питающая и отводящая дренажные прорези на всю глубину льдонасыщенного верхнего слоя, а на дно отводящей прорези укладывается трубчатая дрена. По отводящей прорези и по трубчатой дрене отводится вода, отжимающаяся из основания по мере его оттаивания и консолидации грунта под весом поэтапно наращиваемой насыпи. Питающая прорезь может быть использована для фильтрационного питания системы с целью ускорения процесса оттаивания грунта на начальном этапе

строительства. После завершения оттаивания она используется для дренирования и консолидации водонасыщенного оттаянного основания, т.е. выполняет ту же функцию, что и отводящая прорезь.

Изобретение поясняется чертежом (рисунок 17), на котором схематично изображена плотина (дамба) на одном из этапов ее возведения, поперечный разрез.



1 – тело плотины; 2 – основание; 3 – льдонасыщенный грунт; 4 – мелкозёрнистые породы; 5 – внутренний откос; 6 – питающая дренажная прорезь; 7 – наружный откос; 8 – отводящая дренажная прорезь; 9 – трубчатая дрена; 10 – дренажная призма из крупнозёрнистого грунта; 11 – направление фильтрации из питающей прорези к отводящей прорези по оттаявшему слою; 12 – обозначен слой грунта, отсыпаемый для компенсации строительной осадки сооружения; 13 – водоем на период оттаивания основания; 14 – максимальный уровень в эксплуатационный период

Рисунок 17 – Система дренирования оттаивающего мерзлого основания плотины

Возведение плотины и ее эксплуатация осуществляются следующим образом. На подготовительном этапе в теплый период первого года строительства выполняются планировка основания 2 и поверхностный водоотвод. Затем в начале зимнего периода осуществляется естественное восстановление сезонноталого слоя и после его полного промерзания производится зимний цикл работ – выполняются дренажные прорези 6, 7 и прокладывается трубчатая дрена 9, далее прорези 6 и 7 засыпаются песком и отсыпается дренажная призма 10. В очередной теплый сезон года через призму 10 в питающую прорезь 6 подается вода из временного водоема

13 и начинается процесс фильтрационно-дренажного оттаивания слоя 3; отжимаемая из него вода поступает в прорезь 8 и трубчатую дренаж 9 и по ним отводится за пределы сооружения. После завершения работ по устройству дренажной системы начинается отсыпка тела плотины 1 и продолжается до завершения строительства; строительная осадка насыпи и оттаивающего слоя 3 основания компенсируется слоем 12.

Сущность технического решения заключается прежде всего в том, что дренажные прорези в совокупности с трубчатой дренаж выполняются в зимний период 1 года строительства после завершения естественного цикла сезонного промерзания-оттаивания вечномерзлого основания, что не требует его тепловой мелиорации, водоотлива из выемки под дренажные прорези и укрепления их стенок. Далее, по мере оттаивания основания вода из него отжимается в обе прорези, выполняющие функции постоянного дренажа; нагрузка от веса сооружения обеспечивает уплотнение грунта, а строительные осадки компенсируются при отсыпке грунта плотины (дамбы); после их завершения водоем заполняется водой.

Выводы к главе «Осушение вечномерзлого основания при промерзании-оттаивании грунта».

В данной главе было описано:

1. сущность работы дренажных прорезей;
2. техническое решение, которое заключается в создании эффективной системы дренирования оттаивающего мерзлого основания плотины (дамбы) при строительстве ее в зоне вечной мерзлоты;
3. способ возведения плотины и ее эксплуатация при применении вышеуказанной дренажной системы.

5 Контроль состояния накопителя на вечномёрзлом основании

Важнейшим условием обеспечения эксплуатационной надежности и долговечности энергетических объектов является строгое соблюдение всех требований проекта по их возведению, особенно в части подготовки оснований к строительству грунтовых гидротехнических сооружений. Необходимая оценка физических характеристик грунтов в основании сооружений, в карьерах добычи материалов, укладываемых в сооружения, возможна при условии создания на строительстве служб геотехконтроля.

Геотехконтроль (ГТК) – это контроль качества оснований и грунтовый сооружений в розного рода строительстве.

Контрольно-измерительная аппаратура (КИА) – совокупность средств измерений (измерительных приборов, датчиков и др.) и вспомогательных устройств, предназначенных для контрольных натуральных наблюдений и исследований состояния сооружения и основания

Подэкранный пьезометр, установленный в ложе накопителя, является частью КИА, установка которой выполнена для проведения натуральных наблюдений за состоянием и работой накопителя. Результаты натуральных наблюдений используются для оценки надежности сооружения, своевременного выявления дефектов, назначения ремонтных мероприятий, устранения аварий и улучшения условий эксплуатации сооружения. Наблюдения по пьезометру, выполняемые предприятием, включают следующее:

1. оценка эффективности экрана;
2. определение расхода фильтрата;
3. контролируемый отвод фильтрата.

5.1 Контроль состояния накопителя и прилегающей территории на стадиях проектирования

Контроль состояния накопителя и прилегающей территории на стадиях проектирования отличается рядом особенностей.

Создание современной системы контроля состояния накопителя и мониторинга прилегающей территории невозможно без учета особенностей его существования на всех этапах. Комплексный подход к информации, данным о сооружении и состоянии прилегающей территории и т.п., полученный при изысканиях, строительстве, эксплуатации и на других этапах позволяет повысить надежность и эксплуатационную безопасность накопителя. В частности, уже на этапе технико-экономического обоснования (ТЭО) для согласования места размещения накопителя должны быть сформулированы и общие положения системы контроля.

При наличии вблизи предполагаемой площадки размещения накопителя других накопителей отходов или промышленных объектов следует максимально использовать информацию о состоянии данных сооружений, о системе контроля за сооружениями и прилегающей территорией. Отсутствие на территориях, прилегающим к хранилищам отходов соседних предприятий систем контроля часто является причиной последующих необоснованных оценок экологического ущерба от эксплуатации накопителя.

Для более обоснованного решения точек отбора проб и методов исследований, при проведении инженерно-геологических и других видов изысканий целесообразно иметь исходный вариант плана размещения ограждающих дамб и других элементов накопителя, его высоту и другие основные параметры.

Используемая лабораторная база для определения свойств грунтов должна выбираться с таким расчетом, чтобы методы проведения исследований могли быть повторены. В т.ч. на последующих этапах эксплуатации, реконструкции и др.

Исходные данные, полученные на основном этапе изысканий, следует максимально использовать при проектировании инструментального контроля и при необходимости провести дополнительные изыскания.

При установке стационарных средств измерений (СИ) и при использовании мобильных СИ следует использовать скважины, пройденные при изысканиях.

Инженерно-экологические изыскания на площадке размещения накопителя должны проводиться для новых и действующих предприятий, для снижения и ликвидации неблагоприятных экологических последствий. Как правило, вклад в загрязнение прилегающей территории от накопителя незначителен, однако из-за длительной эксплуатации данного сооружения, его доминирования в ландшафте и т.п., природоохранные и другие органы обычно полагают, что негативные процессы связаны с данным сооружением. Соответственно, для устранения возможных претензий, рекомендуется фоновое изучение площадки размещения накопителя и влияния соседних объектов. Для этого в состав изысканий могут входить: взятие проб почвы и грунтов, определение в них комплексов загрязнителей, взятие проб на поверхностных водотоках, контроль химического и санитарно-эпидемиологического их состояния, оценка радиационной обстановки. Основа системы контроля должна формироваться при проектировании накопителя, когда определяется какие параметры нужно измерить в зависимости от особенности конструкции и сложности основания.

Неотъемлемой частью проектной документации является раздел «Охрана окружающей среды», одним из средств достижения экологической безопасности является устройство системы мониторинга на прилегающей территории.

Расширение накопителя производится в соответствии с проектом. Особенностью этого проекта является возможность использования информации о ранее проведенных изысканиях, уровне внешних воздействий, результатов наблюдения и контроля за состоянием существующего накопителя и прилегающей территории.

Контроль на стадии строительства накопителя и пуска его в эксплуатацию учитывает дополнительные факторы. В период строительства накопителя несет

ответственность за организацию контроля за производством работ и состояние накопителя несет строительная организация. Кроме того, за качеством строительных работ осуществляется контроль службой технического контроля генподрядчика; проектной организацией (авторский надзор); технической инспекцией заказчика. В зависимости от места и времени проведения контроля выделяют следующие его виды: входной, операционный, визуальный, регистрационный, измерительный.

Геотехнический контроль за возведением накопителя, подготовкой основания осуществляется в соответствии с РД 34.15.073-91. Контроль должен осуществляться независимо от класса ответственности сооружений, но с разными требованиями к составу и контролируемым показателям. Служба ГТК организуется строительной организацией и работает на протяжении всего периода строительства.

Основной задачей службы ГТК при подготовке оснований, при возведении ограждающих дамб и других элементов накопителя (противофильтрационных и дренажных устройств и др.) является контроль выполнения требований проекта и технических условий по качеству подготовки основания, качеству применяемых материалов и их укладки, а также надзор за соблюдением технологии возведения накопителя в соответствии с проектом производства работ. Освидетельствование и приемку элементов накопителя, в последующем расположенных в теле дамбы (т.н. «скрытых работ»), кроме службы геотехконтроля осуществляет приемочная комиссия.

К разработке программы пуска в эксплуатацию накопителя и помощи в проведении контроля за его состоянием и прилегающей территории следует также привлекать научно-производственные и научно-исследовательские организации. На этапе пуска в эксплуатацию возможно спрогнозировать и остановить развитие негативных для безопасности сооружения и прилегающей территории процессов, исправить недостатки проекта и строительный брак. Пуск в эксплуатацию в неполном составе является одним из факторов, значительно снижающих безопасность накопителя, в т.ч. экологическую. Для нормального пуска накопителя в эксплуатацию необходим один календарный год, соответственно, свободная емкость действующего накопителя должна обеспечивать складирование отходов на

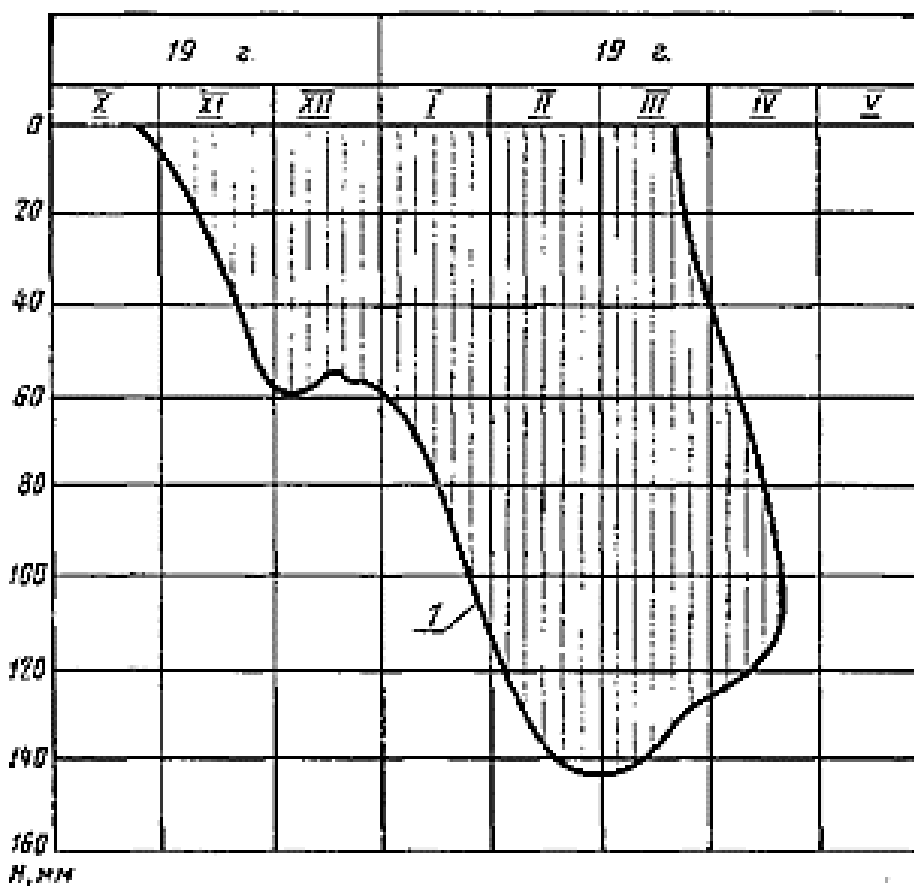
данный пусковой период. Необходимо перед пуском в эксплуатацию накопителя обучить эксплуатационный персонал.

В районах распространения многолетнемерзлых грунтов мониторинг необходимо проводить для всех видов зданий и сооружений, в том числе подземных инженерных коммуникаций.

В проекте мониторинга следует учитывать факторы, оказывающие влияние на вновь возводимое (реконструируемое) сооружение, его основание, окружающий грунтовый массив и окружающую застройку в процессе строительства и эксплуатации, в т.ч. возможность проявления опасных геокриологических процессов (криогенное пучение, термокарст, оползневые процессы, оседание поверхности при оттаивании и др.), а также тепловые воздействия от строительных работ. На рисунке 18 представлен образец графического оформления результатов наблюдений за ходом промерзания грунта.

Для осуществления мониторинга в период строительства сооружений оборудуются контрольные термометрические и гидрогеологические скважины, на фундаментах сооружений устанавливаются постоянные геодезические марки, по которым выполняются измерения температуры грунта, уровень подземных вод, их состав и температура, нивелирование фундаментов, в том числе погруженных свай, измеряются отметки подкрановых путей мостовых кранов, водоотводных лотков в технических этажах и подпольях зданий, а также тротуаров у сооружений.

Места установки термометрических и гидрогеологических скважин, геодезических марок, периодичность проведения замеров устанавливаются по приложениям СНиП 2.02.04-88 (актуализированная редакция). Кроме того, контролируется плотность грунтов, уложенных в насыпях, при замене грунтов в выемках и при намыве территории. Термометрические скважины оборудуются в соответствии с ГОСТ 25358-2012, гидрогеологические – СП 11-105-97 (Части I, IV), устройство нивелирных марок и геодезические измерения проводятся в соответствии с ГОСТ 24846-2012.



1 – граница слоя грунта в твердомерзлом состоянии или положение изотермы

Рисунок 18 – Образец графического оформления результатов наблюдений за ходом промерзания грунта

В строительный период, путем проведения визуальных осмотров производится контроль за производством работ, за состоянием построенных участков дамбы и других элементов накопителя. В случае необходимости на местах выявленных дефектов организуется дополнительный инструментальный контроль с помощью СИ. В строительный период необходимо также периодически устанавливать фактическое состояние прилегающих к накопителю территорий, что достигается комплексными обследованиями, проводимыми специально создаваемой комиссией. В ходе обследований выявляются опасные инженерно-геологические и другие процессы, характер и скорость их развития; выявляются участки территории, активно реагирующие на воздействие техногенных факторов. По результатам обследований определяются процессы, которые требуют более детальных

исследований. При необходимости проводится корректирование проектных решений в т.ч. по расширению системы контроля.

Контроль качества возведения ограждающих дамб проводится службой ГТК. При этом осуществляются визуальные наблюдения за строительством, а также проводится отбор проб для контроля за толщиной отсыпаемого слоя, гранулометрическим составом грунта, достижением проектной плотности укладки грунта при оптимальной влажности, мерами по сохранению строительного материала в талом или мерзлом состоянии. Обеспечение в процессе возведения ограждающих дамб накопителя требований проектных физико-механических характеристик во многом определяет их дальнейшую надежность и долговечность.

При гидромеханизированном способе возведения элементов накопителя также проводится геотехконтроль за качеством намываемого материала, в том числе и при работах в зимний период, при температуре воздуха ниже -5°C .

В строительный период на накопителях устанавливаются стационарные (закладные) СИ, которые будут использоваться при его последующей эксплуатации. При необходимости к проекту возможна установка дополнительных временных створов и СИ. Временные створы устанавливаются с максимальной высотой и на участках дамб, в характерных местах сооружения, например, в местах, где при строительстве обнаружена усиленная фильтрация, деформация и т.п.

Периодичность контроля параметров, в т.ч. определенных в проекте для строительного периода, должна назначаться, исходя из представительности данных обмеров, измерений и др. для данного и последующих этапов существования накопителя также следует учитывать объемы строительных работ и сроки их проведения. В случае появления опасных процессов (просадка, криогенные деформации и др.) контроль необходимо проводить более часто.

На накопителях часто ограждающие дамбы возводятся в зимний период, соответственно, ГТК должен производиться с учетом сезонных особенностей строительства. Грунт, используемый для возведения ограждающих дамб накопителя в зимний период, должен быть талым и иметь положительную температуру. Помимо гранулометрического состава и плотности укладываемого в тело ограждающей

дамбы ЗШО материала геотехническая лаборатория в зимний период ведет контроль за допустимым содержанием мерзлых комьев в уплотняемом слое, за толщиной промороженного слоя, продолжительностью перекрытия слоев и др.

При разработке карьеров следует контролировать температуру грунта, а также выполнение мероприятий, предусмотренных для уменьшения глубин промерзания грунтов. Если предусматривается создание в летний период запасов грунта в буртах, то контролируется качество выполнения данных работ и состояние бурта в зимний период.

На этапе пуска все стационарные СИ и запроектированная система контроля первой очереди накопителя должна быть в работоспособном состоянии. Установленные в проекте показатели состояния накопителя, прилегающей территории и их критериальное значение могут быть откорректированы. Они должны быть представлены в виде, удобном для эксплуатационного персонала при использовании СИ и проведении визуального контроля все работы по монтажу и эксплуатации СИ до сдачи накопителя выполняются генеральным подрядчиком или по его поручению специализированной организации. Строительная организация должна передать заказчику СИ в исправном состоянии и в проектном объеме, а также все данные измерений по ней в строительный период. На этапе пуска на все стационарно установленные СИ должна быть составлена исполнительная документация, содержащая сведения, исчерпывающим образом характеризующие исходное состояние СИ к моменту начала систематических измерений.

При работоспособном состоянии накопителя и его экологической безопасности принимается решение об его приемке в постоянную эксплуатацию. В состав комиссии помимо эксплуатационного персонала, следует включать представителей проектной и научно-исследовательских (научно-производственных) организаций.

На этапе пуска в эксплуатацию производятся систематические измерения, определяется работоспособность и по возможности репрезентативность установленных СИ, уточняются маршруты обходов, точки измерения, характерные места для визуального контроля. Для получения сопоставимых результатов

измерения производят в одни и те же сроки или с незначительными отклонениями во времени. На данном этапе уточняются и утверждаются Главным инженером ТЭС местные инструкции по эксплуатации накопителя.

Замеченные сосредоточенные выходы фильтрационных вод, а в зимнее время образуемые ими наледи должны быть своевременно зафиксированы.

Гидрохимический анализ проводится ежеквартально. При наличии суффозии, обрастания коллектора для отвода фильтрата и водоводов и др. отбор проб и их анализ производится чаще, по специальной программе. При наличии в фильтрующей воде значительного количества вынесенных твердых частиц следует организовать ежемесячные измерения их количества грансостава, определять тип грунта.

На этапе строительства и пуска в эксплуатацию первый цикл измерений проводят через 10 дней после установки осадочных (деформационных) марок. Если в сооружении появляются трещины и другие недопустимые деформации, первые два измерения по близко установленным маркам ведутся через 10 дней, далее периодичность контроля устанавливается по скорости осадки. На участках местных деформаций, выявленных в процессии пуска накопителя, устанавливают временные, дополнительные марки в частности, на смещающихся массивах (сползающих, проседающих, выпучивающихся), в зонах образования трещин. При воздействии или наличии вблизи накопителя опасных геологических процессов (ОГП), стационарные измерения по маркам ведутся в течении пускового периода по специальной программе. Опорные реперы должны устанавливаться не позднее, за 2 месяца до начала измерения осадок.

5.2 Рекомендации по контролю за состоянием накопителя и прилегающей территории

Состав и объем контроля визуального и с помощью СИ на накопителе и прилегающей к нему территории устанавливаются в проекте, в разделе «Организация системы контроля на объекте». Данный раздел должен составляться

на всех стадиях проектирования нового, а также при реконструкции, рекультивации и т.п. действующего сооружения. Этот раздел проекта должен включать:

1. программу проведения производственного контроля и специализированных исследований;
2. проект размещения стационарно устанавливаемых СИ;
3. проект организации контроля;
4. инструкцию по контролю за состоянием накопителя и прилегающей территории.

В программе проведения контроля и исследований должны быть определены задачи, состав, сроки и объем. Программа должна охватывать все виды контроля и исследований на объекте в строительный, пусковой и эксплуатационный периоды.

Проект размещения стационарно устанавливаемых СИ составляется в соответствии с программой проведения контроля и исследований. В проекте должны быть установлены тип и конструкции датчиков, оборудования и устройств, определено их размещение в плане и по вертикали на элементах накопителя, соединительные коммуникации и пульты, куда сигналы с датчиков поступают для последующего отсчета показаний.

Проект организации контроля также составляется в соответствии с программой проведения контроля и исследований. В проекте должны быть указаны маршруты и точки визуального контроля, применяющиеся СИ, даны общие схемы их размещения, монтажа, точки отбора, методы анализа проб, другие данные, в полной мере позволяющие организовать на накопителе и прилегающей территории необходимый контроль.

Инструкцией по проведению контроля за состоянием накопителе и прилегающей территории должны быть определены методы установки и режим эксплуатации СИ, методики проведения измерений и обработки данных, состав и типовые формы отчетной документации. Кроме того, в инструкции должны быть приведены критерии оценки состояния сооружения и прилегающей территории по данным осмотров и измерений.

При назначении состава контроля следует выделять эксплуатационный контроль и контроль, осуществляемый при специальных исследованиях. К специальным исследованиям следует относить визуальные осмотры и измерения, проводимые для проверки проектных предположений, для изучения отдельных вопросов проектирования, строительства и эксплуатации сооружений. Специальные исследования рекомендуется проводить на накопителе, имеющих существенные особенности в конструкции, геологии и гидрогеологии основания или на сооружениях I класса ответственности.

Визуальный контроль, заключающийся в последовательном осмотре элементов сооружения, является важнейшим из используемых видов контроля на накопителе. В зависимости от конкретных условий на накопителе организуется визуальный контроль с применением простейших инструментов и приспособлений или контроль, дополненный применением визуальных систем наблюдений, осуществляемый с помощью технических средств: оптические приборы, телевизионные системы и др. Основные параметры визуального контроля и системы наблюдений и количество эксплуатационного персонала, осуществляющего осмотры, должны задаваться на основе конструкции накопителя и требований отраслевой нормативной документации. В процессе пуска накопителя, при эксплуатации, при реконструкции и других стадиях существования сооружения производится уточнение состава и объемов данного вида контроля.

Общие принципы, которые должны учитываться при проектировании визуального контроля:

1. всесторонний осмотр сооружения эксплуатационным персоналом, должен производиться ежедневно в дневной период времени;

2. в особых случаях (несбалансированность притоков-оттоков воды и др.) рекомендуется организация 2-х или 3-х сменного контроля за состоянием накопителя;

3. обследования и осмотры более трудоемки при установке на накопителе автоматически работающих технических устройств по пылеподавлению, отбору

золошлаков с применением классификатора и т.п. В данных случаях также может быть необходим 2-3 сменный контроль;

4. работа обходчика накопителя эффективна при наличии у него времени для выполнения как осмотра, так и производства необходимых операций (регулирование, очистка подходов и др.) и ведение полевой и рабочей документации, информирование руководства и т.п. Количество времени, необходимое для производства обхода на накопителе, можно определить, исходя из следующих положений: осмотр осуществляется с гребня дамбы и со стороны подошвы низового откоса по их периметру при высоте дамбы до 15 м; дополнительно производится осмотр проходом по середине откоса многоярусного накопителя при его высоте до 30 м, два осмотра (на отметках порядка 15 и 30 м от подошвы) производятся при его высоте 45 м и т.п.; в створах, расположенных на расстоянии 250 – 300 м друг от друга производятся осмотры состояния откосов путем прохода от гребня к основанию; производится осмотр в фиксированных точках: в узлах дренажных канав и закрытых дренажей, в местах выпуска воды из подэкранных пьезометров, на других элементах накопителя.

Система контроля с использованием СИ должна охватывать все элементы накопителя, при этом оптимальная система может быть построена на:

1. использовании СИ в наиболее ответственных и слабых местах накопителя (максимальная высота, максимальный напор, слабопрочные грунты на локальном участке основания и т.п.), в элементах с наибольшим риском аварий;

2. использовании СИ в местах, испытывающих наибольшие внешние воздействия;

3. использовании различных СИ в совмещенных измерительных створах в сочетании с установкой отдельных СИ в дополнительных створах и в локальных местах.

Маршруты визуальных наблюдений при контроле состояния прилегающей территории следует назначать с учетом проведенных ранее детальных обследований. В пределах границ зоны, в которой накопитель может оказать воздействие на окружающую среду, следует назначать кольцевые обходы по

границе зоны и проход по радиальным маршрутам. Кольцевые маршруты рекомендуется устанавливать на расстоянии от подошвы низового откоса – 50, 100, 200 м, радиальные – через 100-150 м. Периодичность визуальных наблюдений на прилегающей территории рекомендуется не реже 1 раза в квартал, т.е. в послепагодковый, летний, предзимний и зимний периоды.

Мастер полигона не реже одного раза в декаду осматривает санитарно-защитную зону и принимает меры по устранению выявленных нарушений (ликвидация несанкционированных свалок, очистка территории от хлама и т.д.). Один раз в квартал контролирует правильность формирования внешних откосов полигона, заложение которых должно быть $m = 3$.

Контроль за фильтрационным режимом в ограждающих и разделительных (между секциями накопителя) дамбах производится путем регулярных осмотров дамб, расходов в дренажных устройствах, качества (вынесенные взвеси и химический состав) фильтрата. Дополнительно при специальных обследованиях производится контроль состояния противофильтрационных элементов и дренажных устройств. В местах фильтрационных выходов и суффозионных явлений, обнаруженных при визуальном контроле, рекомендуется постоянный контроль с применением СИ.

Нормальная работа дамбы, отсутствием неконтролируемого высачивания фильтрата на низовые откосы и в междамбовые пространства, отсутствием разжижения грунтов низовых откосов, отсутствием сосредоточенной фильтрационной эрозии с выносом частиц грунта и золы, отсутствием трещин, обрушений, сползаний и промоин на гребне и низовом откосе, вызванных незапланированной фильтрацией. Установления наличие и расход фильтрата необходимо для оценки фильтрационной прочности и устойчивости сооружения. При измерении расхода фильтрации в дренажных системах выявляется состояние дамбы на достаточно протяженном участке.

СИ фильтрации в дамбах должны устраиваться в доступных для эксплуатационного персонала местах и быть защищены от повреждений, попадания воды, снега, случайных предметов. Для этого рекомендуется устройство

пъезометров и иных СИ на краю гребня или на специально отсыпанных на откосах площадках. Наземную часть СИ следует защищать теплозащитными оголовками.

При специальных обследованиях, например, при обнаружении снижения фильтрационной прочности, наличии открытых фильтрационных выходов и т.п. определяют скорости и направления движения фильтрационного потока. Для этой цели используется метод индикаторов, в котором прослеживается движение с потоком красителей или радиоактивных изотопов. Для измерения расхода воды в скважинах диаметром 80-150 мм рекомендуется использовать гидрогеологические скважинные расходомеры (типа ТСР, РГД и др.) и термокондуктивные дебиторы (типа СТД). Вынос грунта из тела дамбы может косвенно определяться степени засорения пьезометрической скважины. Рекомендуется определять рабочую глубину скважины 1 раз в полугодие и при необходимости выполнять прочистку скважин. Проверка исправности пьезометрических скважин, определение свойств, прилегающих к их водоприемной части грунтов, производится откачкой или нагнетанием воды с последующим учащенным измерением уровней. Данные работы должны производиться специализированной организацией при соответствующем обосновании.

В период эксплуатации сооружения мониторинг осуществляется в целях обеспечения проектного режима грунтов основания и состояние фундаментов сооружения. В состав мониторинга входят следующие виды работ:

1. текущий и контрольный осмотр состояния технического сооружения;
2. наблюдения за температурой грунта в основании сооружений;
3. наблюдения за осадками фундаментов;
4. наблюдения за гидрогеологическим режимом основания.

В процессе мониторинга необходимо обеспечить своевременность информирования заинтересованных сторон о выявленных отклонениях контролируемых параметров (в т.ч. тенденции их изменений, превышающие ожидаемые) от проектных значений и результатов тепло- и геотехнического прогноза.

Выводы к главе «Контроль состояния накопителя на вечномерзлом основании»

Периодичность контроля параметров должна назначаться, исходя из представительности данных обмеров, измерений и др. В случае появления опасных процессов (просадка, криогенные деформации и др.) контроль необходимо проводить более часто.

В районах распространения многолетнемерзлых грунтов мониторинг необходимо проводить для всех видов зданий и сооружений, в том числе подземных инженерных коммуникаций.

При работоспособном состоянии накопителя и его экологической безопасности принимается решение об его приемке в постоянную эксплуатацию.

В период эксплуатации сооружения мониторинг осуществляется в целях обеспечения проектного режима грунтов основания и состояние фундаментов сооружения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В дипломной работе был проведен анализ научной литературы и нормативных документов, рассмотрены физические свойства грунтов, в результате изменения которых могут, происходит различные процессы, приводящие к деформации поверхности грунта и, как следствие, разрушению зданий и сооружений.

2. Проведен эксперимент с образцами мерзлого грунта, в результате которого были получены данные для расчета суммарной влажности грунта после оттаивания и высушивания, а также влажности крупнообломочных частиц.

3. В результате применения утвержденной методики был проведен расчет глубин сезонных промерзания и оттаивания мерзлого грунта.

4. Разработан способ осушения вечномерзлого основания при промерзании-оттаивании грунта, основанный на применении дренажной системы. Техническое решение основано на выполнении дренажных прорезей совместно с трубчатой дренажной системой после завершения естественного цикла сезонного промерзания-оттаивания вечномерзлого основания. Далее, по мере оттаивания основания вода будет из него отжиматься в обе прорези, нагрузка от веса сооружения будет обеспечивать уплотнение грунта, а строительные осадки компенсируются при отсыпке грунта плотины (дамбы).

5. В районах распространения многолетнемерзлых грунтов необходимо проводить мониторинг для всех видов зданий и сооружений, в том числе подземных инженерных коммуникаций.

Проведенная в магистерской диссертации работа показывает, что при правильной организации мониторинга, своевременного выявления и устранения нарушений, грамотном проектировании, возведении и эксплуатации, сооружения, возведенные в криолитозоне, могут обладать высокой степенью надежности длительное время.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Абелев М. Ю. Слабые водонасыщенные глинистые грунты как основания сооружений / М. Ю. Абелев. – Москва : Стройиздат, 1973. – 137 с.
2. Алексеев С. И. Основания и фундаменты : учеб. пособие / С. И. Алексеев. – Санкт-Петербург, 2007. – 113 с.
3. Балацкая Н. В. Расчеты промерзания-оттаивания вечномерзлых грунтов : методические указания для выполнения практических работ / Н. В. Балацкая – Красноярск : ПИ СФУ. – 2008. – 39 с.
4. Биянов Г. Ф. Плотины на вечной мерзлоте : методическое пособие / Г. Ф. Биянов. – Москва : Энергоатомиздат, 1983 – 176 с.
5. Бойцов А. В. Геокриология и подземные воды криолитозоны : учеб. пособие / А. В. Бойцов. – Тюмень : ТюмГНГУ, 2011. – 178 с.
6. Бояджи Ю. С. Специфика строительства земляного полотна в условиях вечной мерзлоты / Ю. С. Бояджи. – Молодой ученый, 2016. – 73 с.
7. Вакулин А. А. Основы геокриологии : учеб. пособие / А. А. Вакулин. – Тюмень : Тюменский государственный университет, 2011. – 220 с.
8. Велли Ю. Я. Здания и сооружения на крайнем севере: справочное пособие / Ю. Я. Велли, В. В. Докучаев, Н. Ф. Федоров. – Ленинград : Госстройиздат, 1963. – 492 с.
9. Вечная мерзлота и ее влияние на устойчивость зданий и сооружений [Электронный ресурс]. – Электрон. журн. – Хинтфокс, 2015. – Режим доступа : <http://www.hintfox.com/article/vechnaja-merzlota-i-ee-vlijanie-na-ystojchivost-zdanij-i-sooryzhenij.html>
10. ГОСТ 24846-2012 Грунты. Методы измерения деформаций оснований зданий и сооружений. – Введ. 01.07.2013. – Москва : Стандортинформ, 2014. – 22 с.
11. ГОСТ 25358-2012 Грунты. Метод полевого определения температуры – Введ. 01.07.2013. – Москва : Стандортинформ, 2013. – 15 с.
12. ГОСТ 25100-2011 Грунты. Классификация. – Введ. 01.01.2013. – Москва : МНТКС, 2013. – 63 с.

13. ГОСТ 5180–2015 Грунты. Методы измерения деформаций оснований зданий и сооружений. – Введ. 01.07.2013. – Москва : Стандортинформ, 2014. – 19 с.
14. ГОСТ 30416-2012 Грунты. Лабораторные испытания. Общие положения. – Введ. 01.07.2013. – Москва ; Стандартиформ, 2013. – 15 с.
15. Емельянова Т. Я. Практикум по мерзлотоведению : учеб. пособие / Т. Я. Емельянова, В. В. Крамаренко. – Томск, Издательство Томского политехнического университета, 2010. – 120 с.
16. Колмогоров С. Г. Инженерная геология : учеб. пособие / С. Г. Колмогоров, С. С. Колмогорова, П. Л. Клемяционок. – Санкт-Петербург, 2011. – 31 с.
17. Кузнецов Г. И. Геоэкология. Защита окружающей среды : учеб. пособие / Г. И. Кузнецов, Н. В. Балацкая. – Красноярск : ПИ СФУ, 2007. – 129 с.
18. Кузнецов Г. И. Накопители промышленных отходов : учеб. пособие / Г. И. Кузнецов, Н. В. Балацкая, Д. А. Озерский. – Красноярск : ИПК СФУ, 2008. – 180 с.
19. Маслов А. Д. Основы геокриологии : учеб. пособие / А. Д. Маслов, Г. Г. Осадчая, Н. В. Тумель, Н. А. Шполянская. – Ухта : Институт управления информации и бизнеса, 2005. – 176 с.
20. РД 34.15.073-91Руководство по геотехническому контролю за подготовкой оснований и возведением грунтовых сооружений в энергетическом строительстве – Введ.01.07.1991. – Москва : ВНИИГ, 1991. – 434 с.
21. Романовский Н. Н. Основы криогенеза литосферы : учеб. пособие / Н. Н. Романовский. – Москва : МГУ, 1993. – 336 с.
22. Стрельченко Ю. Г. Основные природные и социально-экономические последствия изменения климата в районах распространения многолетнемерзлых пород: прогноз на основе синтеза наблюдений и моделирования 6 оценочный отчет / Ю. Г. Стрельченко. – Москва : ОМННО «Совет Гринпис», 2010. – 43 с.
23. СНиП 23-01-99 Строительная климатология – Введ. 01.01.2000. – Москва : Госстрой России, 2000. – 91 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Свидетельство об оценке состояния лаборатории

000124



РОССТАНДАРТ

Федеральное бюджетное учреждение
«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РЕГИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР СТАНДАРТИЗАЦИИ,
МЕТРОЛОГИИ И ИСПЫТАНИЙ В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ»
(Аттестат аккредитации № RA.RU.311212 от 13.07.2015 г.)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

№ 091-28/18

О СОСТОЯНИИ ИЗМЕРЕНИЙ В ЛАБОРАТОРИИ

Выдано «18» июля 2018 г.

Действительно до «20» марта 2021 г.

Настоящее заключение удостоверяет, что

лаборатория строительного контроля

наименование лаборатории

660077, г. Красноярск, ул. Авиаторов, 45

место нахождения лаборатории

Общество с ограниченной ответственностью «Монолитстрой»

наименование юридического лица

660077, г. Красноярск, ул. 78 Добровольческой бригады, 15, офис 266

юридический адрес юридического лица

имеет необходимые условия для выполнения измерений в области деятельности согласно приложению.

Заключение оформлено по результатам проведенной оценки состояния измерений.

Приложение: перечень объектов и контролируемых в них показателей на 3 листах

Директор ФБУ «Красноярский ЦСМ»

М.П.

подпись

В.Н. Моргун



ФБУ «Красноярский ЦСМ», 660093, г. Красноярск, ул. Вавилова 1А,
тел: 8 (391) 236-30-80 (многоканальный), факс: 8 (391) 236-12-94,
e-mail: csm@krascsm.ru, www.krascsm.ru

Продолжение приложения А

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ**
Федеральное бюджетное учреждение
«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РЕГИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И ИСПЫТАНИЙ
В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ»
(ФБУ «Красноярский ЦСМ»)



УТВЕРЖДАЮ
Директор ФБУ «Красноярский ЦСМ»

М.П.  В.Н. Моргун

Приложение к заключению
о состоянии измерений в лаборатории
№ 091-28/18 от «18» июля 2018 г.
действительно до «20» марта 2021 г.
На 3 листах, лист 1.

**Лаборатория строительного контроля
Общества с ограниченной ответственностью «Монолитстрой»
ПЕРЕЧЕНЬ ОБЪЕКТОВ И КОНТРОЛИРУЕМЫХ В НИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ**

| № п/п | Объект | Определяемые показатели | Методики (методы) измерений |
|-------|-----------------|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Цемент | Тонкость помола | ГОСТ 310.1-76 ГОСТ 310.2-76 ГОСТ 30744-2001, п. 5 |
| | | Нормальная густота цементного теста | ГОСТ 310.1-76 |
| | | Сроки схватывания | ГОСТ 310.3-76 |
| | | Равномерность изменения объема | ГОСТ 30744-2011, п. 6, п. 7 |
| | | Прочность на изгиб | ГОСТ 310.4-81 |
| | | Прочность при сжатии | ГОСТ 30744-2001, п. 8 |
| | | Водоотделение | ГОСТ 310.6-85 |
| 2 | Песок | Зерновой состав и модуль крупности | ГОСТ 8735-88, п. 3 |
| | | Содержание глины в комках | ГОСТ 8735-88, п. 4 |
| | | Содержание пылевидных и глинистых частиц (метод мокрого просеивания) | ГОСТ 8735-88, п. 5.3 |
| | | Истинная плотность | ГОСТ 8735-88, п. 8 |
| | | Насыпная плотность и пустотность | ГОСТ 8735-88, п. 9 |
| | | Влажность | ГОСТ 8735-88, п. 10 |
| | | Морозостойкость песка из отсева дробления | ГОСТ 8735-88, п. 13 |
| | | Содержание глинистых частиц методом набухания в песке для дорожного строительства | ГОСТ 8735-88, п. 14 |
| 3 | Щебень и гравий | Зерновой состав | ГОСТ 8269.0-97, п. 4.3 |
| | | Содержание дробленых зерен в щебне из гравия | ГОСТ 8269.0-97, п. 4.4 |
| | | Содержание пылевидных и глинистых частиц | ГОСТ 8269.0-97, п.п 4.5.1-4.5.3 |
| | | Содержание глины в комках | ГОСТ 8269.0-97, п. 4.6 |
| | | Содержание зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой форм (метод визуальной разборки) | ГОСТ 8269.0-97, п. 4.7.1 |
| | | Дробимость | ГОСТ 8269.0-97, п.4.8 |

Продолжение приложения А

На 3 листах, лист 2

Приложение к заключению № 091-28/18 от 18.07.2018 г.

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|-----------------------|---|--|
| 3 | Щебень и гравий | Содержание зерен слабых пород в щебне (гравии) и слабых разностей в горной породе | ГОСТ 8269.0-97, п. 4.9 |
| | | Морозостойкость (метод замораживания) | ГОСТ 8269.0-97, п. 4.12.1 |
| | | Истинная плотность горной породы и зерен щебня (гравия) | ГОСТ 8269.0-97, п. 4.15 |
| | | Средняя плотность и пористость горной породы и зерен щебня (гравия) | ГОСТ 8269.0-97, п. 4.16 |
| | | Насыпная плотность и пустотность | ГОСТ 8269.0-97, п. 4.17 |
| | | Водопоглощение горной породы и щебня (гравия) | ГОСТ 8269.0-97, п. 4.18 |
| | | Влажность щебня (гравия) | ГОСТ 8269.0-97, п. 4.19 |
| | | Предел прочности при сжатии горной породы | ГОСТ 8269.0-97, п. 4.20 |
| 4 | Смеси бетонные | Удобоукладываемость (подвижность) бетонной смеси | ГОСТ 10181-2014, п. 4 |
| | | Средняя плотность бетонной смеси | ГОСТ 10181-2014, п. 5 |
| | | Пористость (объем вовлеченного воздуха) бетонной смеси | ГОСТ 10181-2014, п.6 |
| | | Расслаиваемость (раствороотделение, водоотделение) бетонной смеси | ГОСТ 10181-2014, п. 7 |
| | | Температура бетонной смеси | ГОСТ 10181-2014, п. 8 |
| | | Сохраняемость свойств бетонной смеси | ГОСТ 10181-2014, п. 9 |
| 5 | Бетоны | Плотность | ГОСТ 12730.0-78 ГОСТ 12730.1-78 |
| | | Влажность | ГОСТ 12730.0-78 ГОСТ 12730.2-78 |
| | | Водопоглощение | ГОСТ 12730.0-78 ГОСТ 12730.3-78 |
| | | Показатели пористости | ГОСТ 12730.0-78 ГОСТ 12730.4-78 |
| | | Водонепроницаемость (ускоренный метод определения водонепроницаемости бетона по его воздухопроницаемости) | ГОСТ 12730.0-78 ГОСТ 12730.5-84, Приложение 4 |
| | | Прочность по контрольным образцам | ГОСТ 10180-2012 |
| | | Прочность механическими методами неразрушающего контроля (метод упругого отскока, метод ударного импульса, метод отрыва со скалыванием) | ГОСТ 22690-2015, п.п 7.2, 7.4, 7.6 ГОСТ 17624-2012 |
| | | Прочность по образцам, отобранным из конструкций | ГОСТ 28570-90 |
| | | Прочность на сжатие ускоренным методом | ГОСТ 22783-77 |
| | | Морозостойкость | ГОСТ 10060-2012 |
| 6 | Растворы строительные | Подвижность растворной смеси | ГОСТ 5802-86, п. 2 |
| | | Плотность растворной смеси | ГОСТ 5802-86, п. 3 |
| | | Расслаиваемость растворной смеси | ГОСТ 5802-86, п. 4 |
| | | Водоудерживающая способность растворной смеси | ГОСТ 5802-86, п. 5 |

Ведущий эксперт ФБУ «Красноярский ЦСМ»

Сидор - И.Н. Хивинских

Окончание приложения А

На 3 листах, лист 3

Приложение к заключению № 091-28/18 от 18.07.2018 г.

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|----|----------------------------|---|-------------------------------|
| 6 | Растворы строительные | Прочность раствора на сжатие | ГОСТ 5802-86, п. 6 |
| | | Средняя плотность раствора | ГОСТ 5802-86, п. 7 |
| | | Влажность раствора | ГОСТ 5802-86, п. 8 |
| | | Водопоглощение раствора | ГОСТ 5802-86, п. 9 |
| | | Морозостойкость раствора | ГОСТ 5802-86, п. 10 |
| | | Прочность раствора, взятого из швов, на сжатие | ГОСТ 5802-86, Приложение 1 |
| 7 | Добавки | Добавки, регулирующие свойства смесей | ГОСТ 30459-2008, п. 8 |
| | | Добавки, изменяющие свойства бетонов и растворов | ГОСТ 30459-2008, п. 9 |
| | | Добавки, придающие бетонам и растворам специальные свойства | ГОСТ 30459-2008, п. 10 |
| | | Коррозионное воздействие противоморозных добавок на бетоны и растворы | ГОСТ 30459-2008, Приложение А |
| 8 | Конструкции железобетонные | Геометрические размеры | ГОСТ 13015-2012 |
| | | Положение закладных деталей | |
| | | Качество поверхностей | |
| | | Прочность бетона | |
| 9 | Сварные стыки | Визуальная оценка сварных соединений | ГОСТ 10922-2012 |
| | | Ультразвуковой контроль сварных соединений | ГОСТ 23858-79 |
| 10 | Конструкции ограждающие | Тепловизионный контроль | ГОСТ 26629-85 |
| 11 | Шум | Уровень шума в помещениях | ГОСТ 23337-2014 |
| 12 | Освещенность | Показатели освещенности | ГОСТ 24940-2016 |
| 13 | Грунты | Максимальная плотность | ГОСТ 22733-2016 |
| | | Коэффициент уплотнения грунта | ГОСТ 5180-2015 |
| 14 | Кирпич | Прочность при изгибе и сжатии | ГОСТ 8462-85 |
| | | Водопоглощение | ГОСТ 7025-91 |
| | | Плотность | |
| | | Морозостойкость | |

Начальник лаборатории строительного контроля
ООО «Монолитстрой»



С.Г. Бойко



Ведущий эксперт ФБУ «Красноярский ЦСМ»



И.Н. Хихлатых

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Результаты расчета устойчивости

ПРОГРАММА УСТОЙ1: КАЗМЕХАНОБР-СИБФИЛИАЛ ВНИИГ:ВЕРСИЯ 2 ОТ 04.03.92;22ХЛИСТ- 3

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА УСТОЙЧИВОСТИ ОТКОСА.

ИСХОДНЫЕ КРИВЫЕ ПРИНЯТЫ ПО ЗАДАНИЮ.

ПОИСК МИНИМУМА ВЕДЕТСЯ ПО КОЭФФИЦИЕНТУ НОМЕР 2

| : КООРДИНАТЫ | | : КООРДИНАТЫ ТОЧЕК ВЫХОДА | | | | | | : КОЭФФИЦИЕНТЫ | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|--------|---------------------------|-------|--------|--------|--------|--------|------------------------------|--------|---------|---------|--------|---------|-----------------------------|--------|---------|---------|--------|---------|---------|--------|---------|---------|
| : ЦЕНТРА КРИВОЙ | | : КРИВОЙ НА ПОВЕРХНОСТЬ | | | | | | : ЗАПАС УСТОЙЧИВОСТИ | | | | | | | | | | | | | | | |
| : | | : | | | | | | : БЕЗ УЧЕТА СЕЙСМИЧЕСКИХ СИЛ | | | | | | : С УЧЕТОМ СЕЙСМИЧЕСКИХ СИЛ | | | | | | | | | |
| : | | : | | | | | | : МЕТОД МОМЕНТОВ | | | | | | : МЕТОД ГОРИЗ. СИЛ | | | | | | | | | |
| : X | : Y | : R | : X | : Y | : X | : Y | : X | : Y | : СПО- | : СПО- | : СПО- | : СПО- | : СПО- | : СПО- | : СПО- | : СПО- | : СПО- | : СПО- | : СПО- | : СПО- | : СПО- | : СПО- | |
| : | : | : | : | : | : | : | : | : | : СОВ | : СОВ | : СОВ | : СОВ | : СОВ | : СОВ | : СОВ | : СОВ | : СОВ | : СОВ | : СОВ | : СОВ | : СОВ | : СОВ | |
| : | : | : | : | : | : | : | : | : | : ТЕР- | : ВЕС. | : БОК. | : ТЕР- | : ВЕС. | : БОК. | : ТЕР- | : ВЕС. | : БОК. | : ТЕР- | : ВЕС. | : БОК. | : ТЕР- | : ВЕС. | : БОК. |
| : | : | : | : | : | : | : | : | : | : ЦАГИ | : ДАВЛ. | : ДАВЛ. | : ЦАГИ | : ДАВЛ. | : ДАВЛ. | : ЦАГИ | : ДАВЛ. | : ДАВЛ. | : ЦАГИ | : ДАВЛ. | : ДАВЛ. | : ЦАГИ | : ДАВЛ. | : ДАВЛ. |
| : 15.00: | 25.25: | 11.43: | 5.56: | 18.80: | 17.00: | 14.00: | 1.107: | 1.201: | 1.209: | 1.176: | 1.266: | 1.273: | .999: | 1.085: | 1.092: | 1.055: | 1.137: | 1.143: | : | : | : | : | : |
| : 26.09: | 27.97: | 19.67: | 8.68: | 18.80: | 25.29: | 8.31: | .719: | .836: | .853: | .770: | .880: | .894: | .665: | .775: | .791: | .710: | .813: | .826: | : | : | : | : | : |
| : 14.97: | 24.82: | 14.03: | 2.30: | 18.80: | 20.20: | 11.80: | 1.181: | 1.292: | 1.306: | 1.318: | 1.423: | 1.434: | 1.050: | 1.150: | 1.162: | 1.158: | 1.252: | 1.261: | : | : | : | : | : |
| : 25.74: | 28.44: | 20.13: | 8.07: | 18.80: | 25.28: | 8.32: | .725: | .839: | .855: | .776: | .885: | .898: | .669: | .777: | .792: | .714: | .816: | .828: | : | : | : | : | : |

ОКОЛИЧЕСТВО РАССЧИТАННЫХ КРИВЫХ- 274

Окончание приложения Б

ПРОГРАММА УСТОЙ1: КАЗМЕХАНОВР-СИВФИЛИАЛ ВНИИГ:ВЕРСИЯ 2 ОТ 04.03.92;22ХЛИСТ- 3

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА УСТОЙЧИВОСТИ ОТКОСА.

ИСХОДНЫЕ КРИВЫЕ НАЙДЕНЫ АВТОМАТИЧЕСКИ.

ПОИСК МИНИМУМА ВЕДЕТСЯ ПО КОЭФФИЦИЕНТУ НОМЕР 2

| КОординаты | | | | | | | КОординаты точек выхода | | | | | | | КОэффициенты | | | | | | | | | | |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------------------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|------|-------|-------|
| ЦЕНТРА КРИВОЙ | | | | | | | КРИВОЙ НА ПОВЕРХНОСТЬ | | | | | | | ЗАПАС УСТОЙЧИВОСТИ | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | БЕЗ УЧЕТА СЕЙСМИЧЕСКИХ СИЛ | | | | | | | С УЧЕТОМ СЕЙСМИЧЕСКИХ СИЛ | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | МЕТОД МОМЕНТОВ | | | | | | | МЕТОД ГОРИЗ. СИЛ | | | | | | | | | | |
| X | Y | R | X | Y | X | Y | СПО- | СПО- | СПО- | СПО- | СПО- | СПО- | СПО- | СПО- | СПО- | СПО- | СПО- | СПО- | СПО- | СПО- | СПО- | СПО- | СПО- | |
| | | | | | | | СОВ | СОВ | СОВ | СОВ | СОВ | СОВ | СОВ | СОВ | СОВ | СОВ | СОВ | СОВ | СОВ | СОВ | СОВ | СОВ | СОВ | |
| | | | | | | | ТЕР- | ВЕС. | БОК. | ТЕР- | ВЕС. | БОК. | ТЕР- | ВЕС. | БОК. | ТЕР- | ВЕС. | БОК. | ТЕР- | ВЕС. | БОК. | ТЕР- | ВЕС. | БОК. |
| | | | | | | | ЦАГИ | ДАВЛ. | ДАВЛ. | ЦАГИ | ДАВЛ. | ДАВЛ. | ЦАГИ | ДАВЛ. | ДАВЛ. | ЦАГИ | ДАВЛ. | ДАВЛ. | ЦАГИ | ДАВЛ. | ДАВЛ. | ЦАГИ | ДАВЛ. | ДАВЛ. |
| 36.87 | 47.64 | 39.41 | 10.00 | 18.80 | 39.30 | 8.30 | 1.236 | 1.312 | 1.314 | 1.277 | 1.351 | 1.354 | 1.103 | 1.171 | 1.174 | 1.136 | 1.203 | 1.205 | | | | | | |
| 33.80 | 41.52 | 33.67 | 8.95 | 18.80 | 39.30 | 8.30 | 1.158 | 1.242 | 1.246 | 1.218 | 1.299 | 1.303 | 1.030 | 1.105 | 1.110 | 1.077 | 1.150 | 1.154 | | | | | | |
| 17.10 | 23.26 | 8.39 | 10.00 | 18.80 | 19.76 | 15.30 | 1.561 | 1.663 | 1.675 | 1.691 | 1.789 | 1.799 | 1.387 | 1.478 | 1.488 | 1.487 | 1.574 | 1.582 | | | | | | |
| 30.41 | 32.17 | 24.34 | 10.09 | 18.77 | 37.59 | 8.91 | 1.156 | 1.255 | 1.265 | 1.254 | 1.349 | 1.357 | 1.025 | 1.114 | 1.122 | 1.101 | 1.186 | 1.193 | | | | | | |
| 25.65 | 31.69 | 20.27 | 10.00 | 18.80 | 29.54 | 11.80 | 1.312 | 1.399 | 1.405 | 1.389 | 1.474 | 1.479 | 1.168 | 1.247 | 1.252 | 1.229 | 1.305 | 1.309 | | | | | | |
| 30.11 | 31.61 | 23.79 | 10.09 | 18.77 | 37.42 | 8.97 | 1.151 | 1.252 | 1.262 | 1.252 | 1.349 | 1.358 | 1.020 | 1.111 | 1.119 | 1.099 | 1.185 | 1.192 | | | | | | |
| 35.40 | 28.20 | 20.27 | 19.76 | 15.30 | 39.30 | 8.30 | 1.268 | 1.355 | 1.361 | 1.339 | 1.423 | 1.429 | 1.129 | 1.207 | 1.213 | 1.185 | 1.260 | 1.265 | | | | | | |
| 33.69 | 42.14 | 34.31 | 8.55 | 18.80 | 39.30 | 8.30 | 1.158 | 1.242 | 1.246 | 1.217 | 1.298 | 1.302 | 1.030 | 1.105 | 1.109 | 1.077 | 1.149 | 1.153 | | | | | | |
| 36.65 | 16.26 | 8.39 | 29.54 | 11.80 | 39.30 | 8.30 | 1.517 | 1.616 | 1.631 | 1.639 | 1.734 | 1.747 | 1.348 | 1.437 | 1.450 | 1.443 | 1.526 | 1.538 | | | | | | |
| 33.51 | 31.87 | 24.07 | 14.42 | 17.22 | 38.95 | 8.43 | 1.184 | 1.275 | 1.283 | 1.260 | 1.347 | 1.354 | 1.053 | 1.134 | 1.141 | 1.113 | 1.190 | 1.196 | | | | | | |
| 29.93 | 28.30 | 18.24 | 15.86 | 16.70 | 33.44 | 10.40 | 1.348 | 1.436 | 1.442 | 1.426 | 1.510 | 1.516 | 1.201 | 1.279 | 1.285 | 1.262 | 1.337 | 1.342 | | | | | | |
| 33.15 | 39.99 | 32.18 | 8.93 | 18.80 | 39.11 | 8.37 | 1.151 | 1.237 | 1.242 | 1.216 | 1.299 | 1.303 | 1.023 | 1.101 | 1.105 | 1.074 | 1.149 | 1.153 | | | | | | |
| 36.54 | 53.88 | 45.96 | 6.85 | 18.80 | 42.45 | 8.30 | 1.233 | 1.306 | 1.309 | 1.274 | 1.347 | 1.349 | 1.095 | 1.161 | 1.164 | 1.129 | 1.193 | 1.195 | | | | | | |
| 34.35 | 42.79 | 34.94 | 8.95 | 18.80 | 39.96 | 8.30 | 1.166 | 1.248 | 1.252 | 1.222 | 1.302 | 1.306 | 1.037 | 1.111 | 1.115 | 1.082 | 1.154 | 1.157 | | | | | | |
| 39.84 | 80.26 | 72.39 | 1.60 | 18.80 | 47.70 | 8.30 | 1.416 | 1.476 | 1.477 | 1.442 | 1.502 | 1.502 | 1.242 | 1.295 | 1.296 | 1.263 | 1.316 | 1.316 | | | | | | |
| 34.35 | 42.79 | 34.94 | 8.95 | 18.80 | 39.96 | 8.30 | 1.166 | 1.248 | 1.252 | 1.222 | 1.302 | 1.306 | 1.037 | 1.111 | 1.115 | 1.082 | 1.154 | 1.157 | | | | | | |

ОКОЛИЧЕСТВО РАССЧИТАННЫХ КРИВЫХ- 950

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Политехнический институт
Кафедра «Инженерная экология и безопасность жизнедеятельности»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 Т.А. Кулагина

подпись инициалы, фамилия

«13» июля 2019 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

«Безопасное возведение гидроотвала на вечномерзлом основании с песчаными
дренажными прорезями»

20.04.01 – «Техносферная безопасность»

20.04.01.01 – «Безопасность жизнедеятельности в техносфере»

Научный руководитель



к.т.н Н.В. Крук

Выпускник



Н. В. Бредихина

Рецензент



к.т.н И.В. Варфоломеев

Красноярск 2019