

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
ЮРГИНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
Федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт: Юргинский технологический институт
Направление подготовки: 20.03.01 «Техносферная безопасность»
Профиль: «Защита в чрезвычайных ситуациях»

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Оценка риска и расчёт последствий аварии на гидротехническом сооружении предприятия топливно-энергетического комплекса

УДК – 614.8:005.334:621.311.22

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-17Г60	Кестель Дарья Анатольевна		

Руководитель/ консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ЮТИ ТПУ	Мальчик А.Г.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ЮТИ ТПУ	Полицинская Е.В.	к.пед.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель ЮТИ ТПУ	Деменкова Л.Г.	к.пед.н.		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ЮТИ ТПУ	Мальчик А.Г.	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ООП 20.03.01 «Техносферная безопасность»	Солодский С.А.	к.т.н.		

Юрга – 2021 г.

**ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП
НАПРАВЛЕНИЯ 20.03.01 – «ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ»**

Код компетенции	Наименование компетенции
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-3	Способность ориентироваться в основных нормативно-правовых актах в области обеспечения безопасности
ОПК(У)-4	Способность пропагандировать цели и задачи обеспечения безопасности человека и окружающей среды
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-5	Способность ориентироваться в основных методах и системах обеспечения техносферной безопасности, обоснованно выбирать известные устройства, системы и методы защиты человека и окружающей среды от опасностей
ПК(У)-6	Способность принимать участие в установке (монтаже), эксплуатации средств защиты
ПК(У)-7	Способность организовывать и проводить техническое обслуживание, ремонт, консервацию и хранение средств защиты, контролировать состояние используемых средств защиты, принимать решения по замене (регенерации) средства защиты
ПК(У)-8	Способность выполнять работы по одной или нескольким профессиям рабочих, должностям служащих
ПК(У)-9	Готовность использовать знания по организации охраны труда, охраны окружающей среды и безопасности в чрезвычайных ситуациях на объектах экономики
ПК(У)-10	Способность использовать знание организационных основ безопасности различных производственных процессов в чрезвычайных ситуациях
ПК(У)-11	Способность организовывать, планировать и реализовывать работу исполнителей по решению практических задач обеспечения безопасности человека и окружающей среды
ПК(У)-12	Способность применять действующие нормативные правовые акты для решения задач обеспечения безопасности объектов защиты

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

Институт: Юргинский технологический институт
Направление подготовки: 20.03.01 «Техносферная безопасность»
Профиль: «Защита в чрезвычайных ситуациях»

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
_____ С.А. Солодский
«__» _____ 2021 г.

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студенту:

Группа	ФИО
3-17Г60	Кестель Дарье Анатольевне

Тема работы:

Оценка риска и расчёт последствий аварии на гидротехническом сооружении предприятия топливно-энергетического комплекса

Утверждена приказом директора (дата, номер) от 01.02.2021 г. № 32-105/С

Срок сдачи студентами выполненной работы: 07.06.2021 г.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе:

Структура ООО «ЮТЭЦ»
Объём накопителя золошлаковых отходов: общий 2100 тыс. м³ (при отметке гребня дамбы 133,0 м); полезный 1900 тыс. м³ (при отметке заполнения ёмкости 132,5 м). Запас оставшейся вместимости золоотвала при существующем положении ГТС и отметке заполнения накопителя 132,5 м составляет примерно 200 тыс. м³.
Состояние ГТС характеризуют три группы факторов:
1. Влияние окружающей среды, природных процессов.
2. Конструктивные особенности и фактическое состояние сооружений.
3. Размер вероятного вреда в случае возникновения аварии.

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов:	<p>1 изучить литературные источники по вопросам определения и оценки риска потенциально опасных объектов;</p> <p>2 провести анализ аварийных ситуаций на ГТС золоотвала ООО «ЮТЭЦ»;</p> <p>3 оценить степень риска возникновения аварии на ГТС ООО «ЮТЭЦ»;</p> <p>4 рассчитать последствия аварии по сценарию – прорыв напорного фронта в сечении I-I, ослабленном коллектором сборного железобетонного колодца, в результате контактной фильтрации.</p>
Перечень графического материала: <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Полицинская Е.В., к.пед.н.
Социальная ответственность	Деменкова Л.Г., к.пед.н.
Нормоконтроль	Мальчик А.Г., к.т.н.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Реферат	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	10.02.2021 г.
---	---------------

Задание выдал руководитель/ консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ЮТИ ТПУ	Мальчик А.Г.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-17Г60	Кестель Д.А.		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 92 с., 1 рис., 49 формул, 24 табл., 57 источников.

Ключевые слова: ГИДРОДИНАМИЧЕСКАЯ АВАРИЯ, ГИДРОТЕХНИЧЕСКОЕ СООРУЖЕНИЕ, ЗОЛОТВАЛ, ГИДРОЗОЛОУДАЛЕНИЕ, ОЦЕНКА РИСКА.

Объектом исследования является гидродинамическое сооружение золоотвала ООО «ЮТЭЦ».

Цель работы: оценка риска и расчёт последствий аварии на гидротехническом сооружении золоотвала ООО «ЮТЭЦ».

В процессе исследования проводились расчёты по оценке риска на гидротехническом сооружении золоотвала ТЭЦ.

В результате исследования провели расчёт зон затопления по сценарию – прорыв напорного фронта в сечении I-I, ослабленном коллектором сборного железобетонного колодца, в результате контактной фильтрации.

Abstract

Final qualification work 92 S., 1 fig., 49 formulas, 24 tables, 57 sources.

Keywords: hydrodynamic accident, potentially dangerous object, hydraulic engineering structure, ash dump, hydraulic ash removal, risk assessment, calculation of accident consequences.

The object of the study is the hydrodynamic structure of the ash dump of the CHPP of OOO "ЮТЭЦ".

The purpose of the work: risk assessment and calculation of the consequences of an accident at the hydraulic structure of the ash dump of the CHPP OOO "ЮТЭЦ".

In the course of the study, calculations were made to assess the risk at the hydraulic structure of the ash dump of the CHPP.

As a result of the study, the flood zones were calculated according to the scenario – a breakthrough of the pressure front in the section I-I, weakened by the collector of a precast concrete well, as a result of contact filtration.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

Нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты

ГОСТ Р 22.2.09-2015 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Экспертная оценка уровня безопасности и риска аварий гидротехнических сооружений.

ГОСТ Р 3112194-0366-03 Нормы расхода топлив и смазочных материалов на автомобильном транспорте. Общие требования.

ГОСТ 12.0.003-2015 Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования.

ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ Шум. Общие требования безопасности.

ГОСТ 12.1.012-2004 ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования.

ГОСТ 12.1.030-81. ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.

Обозначения и сокращения

ТЭЦ – теплоэлектроцентраль;

ГТС – гидротехническое сооружение;

ГЗУ – система гидрозолоудаления;

ПЛАС – план ликвидации и локализации аварийной ситуации;

СОВ – станция осветлённой воды;

КИА – контрольно-измерительная аппаратура;

УКС – Управление капитального строительства;

УЭК – Управление экологического контроля.

Содержание

Введение.....	10
1 Литературный обзор	12
1.1 Техногенная безопасность. Понятие, причины, меры по предотвращению аварий	12
1.2 Гидротехнические сооружения. Общие требования к обеспечению безопасности гидротехнических сооружений.....	14
1.3 Возможные источники опасности на ГТС	16
2 Объект и методы исследования	22
2.1 Расположение площадки гидротехнических сооружений.....	22
2.2 Природно-климатические условия района расположения гидротехнических сооружений.....	23
2.3 Описание условий эксплуатации и характеристика гидротехнического сооружения	26
2.4 Гидротехнические сооружения, входящие в комплекс обследуемого золоотвала	29
2.5 Оборудование, используемое для сжигания твёрдого топлива, и его характеристика	30
2.6 Сведения о параметрах и материалах основных элементов гидротехнического сооружения	32
2.7 Общие меры по обеспечению эксплуатационной надёжности и безопасности гидротехнического сооружения	33
3 Результаты расчётов и описание аварии.....	35
3.1 Описание аварии по принятому сценарию. Оценка риска	35
3.2 Исходные данные предприятия для расчёта вероятного вреда от.....	38
гидродинамической аварии.....	38
3.3 Результаты расчётов	39
3.4 Оценка последствий аварии на ГТС	45
3.5 Оценка степени риска возникновения аварии на ГТС.....	46
3.6 Интегральная оценка риска аварий ГТС	47
3.7 Интегральная оценка уязвимости аварии ГТС	49
3.8 Оценка степени риска аварии ГТС.....	51

3.9 Ликвидация аварии и мероприятия по спасению и эвакуации пострадавших	52
3.10 Оперативная часть плана ликвидации аварий	57
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	60
4.1 Расчет затрат на локализацию аварии и ликвидацию ее последствий.....	60
4.2 Ущерб земельным ресурсам	66
4.3 Показатели воздействия волны прорыва на человека и окружающую среду	67
4.4 Размер вероятного вреда. Результаты проведенных расчетов в данном разделе.....	72
5 Социальная ответственность.....	74
5.1 Описание рабочего места обходчика трассы насосной станции	74
5.2 Выявленные вредные факторы и их характеристика	74
5.2.1 Микроклимат.....	74
5.2.2 Шум	75
5.2.3 Вибрация.....	76
5.2.4 Освещённость.....	77
5.3 Выявленные опасные производственные факторы	80
5.3.1 Воздействие электричества.....	80
5.3.2 Воздействие пожара	81
5.4 Влияние на окружающую среду золоотвала	82
5.5 Защита в чрезвычайных ситуациях	82
5.6 Выводы по главе 5	83
Заключение	84
Список использованной литературы.....	85
Приложение А	91
Приложение Б	92

Введение

Проблема обеспечения безопасности населения, окружающей среды в ЧС и необходимость её решения обуславливается тем, что в Российской Федерации насчитывается около 45 тысяч потенциально опасных объектов различного типа и различной ведомственной подчинённости. В зонах непосредственной угрозы жизни и здоровью в случае возникновения ЧС проживает более 100 млн человек, то есть 55 % населения страны.

В Российской Федерации ежегодно возникает более тысячи ЧС природного и техногенного характера, в результате которых количество пострадавших исчисляется десятками тысяч человек, а материальный ущерб составляет миллиарды рублей. Обстановка, сложившаяся во многих регионах России в связи с опасными природными явлениями и техногенными авариями, характеризуется как сложная. Сохраняющаяся устойчивая тенденция возрастания масштабов природных и техногенных катастроф, тяжести их последствий обоснованно заставляет рассматривать их как серьёзную угрозу безопасности личности, общества и окружающей среды, а также стабильности развития экономики страны.

На территории Российской Федерации эксплуатируется более 28 тысяч водохранилищ, в том числе 330 крупных, ёмкостью более 10 млн м³. В зонах потенциального затопления от этих гидротехнических сооружений при ЧС проживает около 10 млн человек.

Основной причиной аварийности плотин, дамб, шлюзов и других сооружений является их неудовлетворительная эксплуатация. Около 20 % эксплуатируемых в стране плотин нуждается в ремонте и модернизации, а напорные сооружения на 200 водохранилищах находятся в аварийном состоянии.

Гидродинамическая авария – это прорывы гидротехнических сооружений, являющихся гидродинамически опасными объектами с

образованием волн прорыва и катастрофических затоплений. От размера прорыва зависит объём и скорость падения вод верхнего бьефа в нижний бьеф сооружения и параметры волны прорыва. Прорыв плотин приводит к стремительному затоплению местности. При этом масштабы последствий гидродинамических аварий зависят от параметров и технического состояния гидроузла, характера и степени разрушения плотины, объёмов запасов воды в водохранилище, характеристик волны прорыва, рельефа местности, плотности населения и элементов инфраструктуры в зоне возможного затопления, сезона, времени суток события и других факторов.

Невозможно со стопроцентной вероятностью гарантировать безаварийную эксплуатацию напорных гидротехнических сооружений. Важно в целях уменьшения ущерба при гидротехнических авариях иметь заблаговременный прогноз динамики распространения волны прорыва. На основании расчётов можно представить масштаб чрезвычайных ситуаций при возникновении аварий на гидротехнических сооружениях.

Цель работы: Оценка риска и расчёт последствий аварии на гидротехническом сооружении золоотвала ООО «ЮТЭЦ» по сценарию – прорыв напорного фронта в сечении I-I, ослабленном коллектором сборного железобетонного колодца с шандорами, в результате контактной фильтрации.

Задачи данной работы:

- произвести литературный обзор по вопросам определения и оценки риска потенциально опасных объектов;
- изучить объект и провести анализ аварийных ситуаций на гидротехническом сооружении золоотвала ООО «ЮТЭЦ»;
- произвести расчёты последствий аварии по сценарию – прорыв напорного фронта в сечении I-I, ослабленном коллектором сборного железобетонного колодца с шандорами, в результате контактной фильтрации;
- рассчитать затраты на ликвидацию аварии.

1 Литературный обзор

1.1 Техногенная безопасность. Понятие, причины, меры по предотвращению аварий

В жизни современного человечества все большее место занимают заботы, связанные с преодолением различных кризисных явлений, возникающих по ходу развития земной цивилизации. Причина заключается в том, что научно-технический прогресс не только способствует повышению производительности и улучшению условий труда, росту материального благосостояния и интеллектуального потенциала общества, но и приводит к возрастанию риска аварий больших технических систем. Это связано с увеличением их числа и сложности, ростом единичных мощностей агрегатов на промышленных и энергетических объектах, их территориальной концентрацией.

В последние годы как в России, так и во всем мире, наблюдается ежегодный рост количества возникающих катастроф природного и техногенного характера и масштабов ущерба от них. В связи с этим решение проблемы защиты населения и территорий при чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера является одной из важных задач обеспечения национальной безопасности России.

Техногенная безопасность – состояние защищённости населения, производственного персонала, объектов экономики и окружающей среды от опасных техногенных происшествий [1].

Техногенная безопасность оценивается по характеристикам прочности, ресурса, надежности, живучести несущих элементов технических систем для случаев штатных (нормальных) и нештатных (аварийных) ситуаций. Обобщенным показателем – критерием техногенной безопасности – является риск, учитывающий вероятность возникновения техногенных аварий и катастроф и математическое ожидание ущерба от них.

Управление техногенной безопасностью и риском связано с приведением в действие определенных социальных и экономических механизмов, поэтому

оно строится на основе теории и практики управления социально-экономическими системами.

Методы повышения техногенной безопасности состоят в нормативно обоснованном принятии конструктивных, технологических и эксплуатационных решений для указанных стадий жизненного цикла, в декларировании и поддержании безопасности на требуемом уровне, в обеспечении контроля, диагностики и мониторинга состояния технических систем с учетом повреждающих и поражающих факторов, в подготовленности систем, операторов и персонала к действиям в чрезвычайных ситуациях.

В области техногенной безопасности целью управления рисками является недопущение аварий и техногенных катастроф за счет создания безопасных для человека и окружающей среды промышленных технологий и производств. Однако в реальной жизни полностью избежать промышленных аварий и катастроф не удастся. Поэтому деятельность в области обеспечения техногенной безопасности строится на признании возможности возникновения аварийных ситуаций с объектами техники и принятии мер по недопущению их развития в аварию или снижению ущерба от них.

К основным причинам техногенных аварий и катастроф относят:

- возрастание сложности производств. Часто это связано с применением новых технологий, требующих высоких концентраций энергии, опасных для жизни человека веществ и оказывающих сильное воздействие на компоненты окружающей среды;

- уменьшение надежности производственного оборудования и транспортных средств в связи с высокой степенью износа;

- нарушение технологической и трудовой дисциплины, низкий уровень подготовки работников в области охраны и безопасности труда.

В техногенной сфере работу по предотвращению аварий ведут в соответствии с их видами на конкретных объектах [2].

В качестве мер, снижающих риск возможных ЧС, наиболее эффективными являются:

- совершенствование технологических процессов;
- повышение качества технологического оборудования и его эксплуатационной надежности;
- своевременное обновление основных фондов;
- использование технически грамотной конструкторской и технологической документации;
- использование высококачественного сырья, материалов и комплектующих изделий;
- наличие квалифицированного персонала;
- создание и применение передовых систем технологического контроля и технической диагностики;
- создание и применение безаварийной остановки производства, локализации и подавления аварийных ситуаций и многое другое.

Одним из направлений эффективного уменьшения масштабов чрезвычайных ситуаций является строительство и использование защитных сооружений различного назначения. К ним следует отнести гидротехнические защитные сооружения, предохраняющие водотоки и водоемы от распространения радиоактивного загрязнения, а также сооружения, защищающие сушу и гидросферу от некоторых других поверхностных загрязнений. Плотины, шлюзы, насыпи, дамбы и укрепление берегов используют для защиты от наводнений. Важная роль в деле снижения ущерба окружающей природной среде отведена коммунальным и промышленным очистным сооружениям [3].

1.2 Гидротехнические сооружения. Общие требования к обеспечению безопасности гидротехнических сооружений

Состояние гидродинамических сооружений (ГТС) – одна из наиболее острых проблем в Российской Федерации. Всего в России имеется более 30 тысяч водохранилищ и плотин различного назначения общей ёмкостью более

800 кубических километров. В стране используется 37 водохозяйственных систем каналов общей протяжённостью свыше 3 тыс. км, 12 тыс. коммунальных и 51 тыс. ведомственных систем водопроводов. Всего же в составе водохозяйственного комплекса страны насчитывается до 65 тыс. водохозяйственных объектов, из которых большинство составляют водоподпорные сооружения малых и средних водохранилищ, находящихся в эксплуатации 30 и более лет [4].

Серьёзную опасность для населения, объектов экономики и природной среды представляют аварии на гидротехнических сооружениях. Согласно Федеральному закону от 21.07.1997 № 117-ФЗ (ред. от 08.12.2020) "О безопасности гидротехнических сооружений" гидротехнические сооружения – плотины, здания гидроэлектростанций, водосбросные, водоспускные и водовыпускные сооружения, туннели, каналы, насосные станции, судоходные шлюзы, судоподъемники; сооружения, предназначенные для защиты от наводнений, разрушений берегов и дна водохранилищ, рек; сооружения (дамбы), ограждающие хранилища жидких отходов промышленных и сельскохозяйственных организаций; устройства от размывов на каналах, а также другие сооружения, здания, устройства и иные объекты, предназначенные для использования водных ресурсов и предотвращения негативного воздействия вод и жидких отходов, за исключением объектов централизованных систем горячего водоснабжения, холодного водоснабжения и (или) водоотведения, предусмотренных Федеральным законом от 7 декабря 2011 года № 416-ФЗ "О водоснабжении и водоотведении".

Безопасность гидротехнических сооружений – свойство гидротехнических сооружений, позволяющее обеспечивать защиту жизни, здоровья и законных интересов людей, окружающей среды и хозяйственных объектов;

Обеспечение безопасности гидротехнических сооружений осуществляется на основании следующих общих требований:

- обеспечение допустимого уровня риска аварий гидротехнических сооружений;
- представление деклараций безопасности гидротехнических сооружений;(документ, в котором обосновывается безопасность гидротехнического сооружения и определяются меры по обеспечению безопасности гидротехнического сооружения с учетом его класса);
- осуществление федерального государственного надзора в области безопасности гидротехнических сооружений;
- непрерывность эксплуатации гидротехнических сооружений;
- осуществление мер по обеспечению безопасности гидротехнических сооружений, в том числе установление критериев их безопасности, оснащение гидротехнических сооружений техническими средствами в целях постоянного контроля за их состоянием, обеспечение необходимой квалификации работников, обслуживающих гидротехническое сооружение;
- необходимость заблаговременного проведения комплекса мероприятий по максимальному уменьшению риска возникновения чрезвычайных ситуаций на гидротехнических сооружениях;
- ответственность за действия (бездействие), которые повлекли за собой снижение безопасности гидротехнических сооружений ниже допустимого уровня [5].

1.3 Возможные источники опасности на ГТС

Аварии на гидротехнических сооружениях представляют существенную опасность для населения, хозяйственных объектов и окружающей среды. Наиболее опасны аварии (катастрофы), приводящие к частичному или полному разрушению ГТС с дальнейшим развитием и распространением волны прорыва (гидродинамические аварии). Такие аварии чаще всего классифицируются как катастрофические, так как приводят к нарушению жизнедеятельности, травматизму и гибели людей, к значительным разрушениям или существенным

нарушениям режимов эксплуатации зданий, сооружений и объектов инфраструктуры, к разрушениям или нарушениям природных объектов.

Основная цель всех работ, которые находятся на стадиях проектирования, строительства и эксплуатации ГТС, заключается в том, чтобы исключить возможность аварий и, в особенности, прорыва напорного фронта с катастрофическими последствиями. Тем не менее, риск аварий на ГТС неизбежен и подлежит оценке, анализу и регулированию.

К числу основных причин, которые могут вызвать аварии на гидротехнических сооружениях систем водного хозяйства и промышленности, относятся:

- стихийные бедствия (землетрясения, ураганы, горные обвалы, наводнения, ливни, сели и др.);

- недостаточный объем изыскательских работ и неправильная оценка инженерно-геологических, гидрологических, сейсмических, климатических условий строительства;

- ошибки в проектировании;

- некачественное производство работ (особенно при строительстве сравнительно небольших сооружений, когда не обеспечен должный геотехнический контроль с участием инженеров-гидротехников);

- неправильная эксплуатация сооружения (в том числе обусловленная недостаточной укомплектованностью штатами и техникой, низкой квалификацией эксплуатационного персонала, недостатками финансирования, недостаточной обеспеченностью эксплуатационно-методической документацией и т.п.);

- отсутствие или недостаточный объем мероприятий по обеспечению готовности объекта к локализации и ликвидации аварийной ситуации; отсутствие своевременных ремонтных работ;

- техногенные катастрофы;

- военные действия, диверсии и террористические акты [6].

В Российской Федерации (далее – РФ) в значительной степени сформирована нормативно-правовая база по обеспечению безопасности ГТС, основой которой прежде всего являются:

- Федеральный закон "О безопасности гидротехнических сооружений" от 21.07.1997 г. № 117-ФЗ (с последующими редакциями в Федеральных законах от 10.01.2003 г. № 15-ФЗ, от 22.08.2004 г. № 122-ФЗ, от 09.05.2005 г. № 45-ФЗ, от 18.12.2006 г. № 232-ФЗ и изменениями, внесенными Федеральными законами от 27.12.2000 г. № 150-ФЗ, от 30.12.2001 г. № 194-ФЗ, от 24.12.2002 г. № 176-ФЗ, от 23.12.2003 г. № 186-ФЗ) [7];

- Федеральный закон "О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера" от 21.11.1994 г. № 68-ФЗ [8];

- Постановление Правительства РФ "Об организации государственного надзора за безопасностью гидротехнических сооружений" от 27.10.2012 № 1108 [9].

- Постановление Правительства РФ "О порядке формирования и ведения Российского регистра гидротехнических сооружений" от 23.05.1998 г. № 490 [10];

- Постановление Правительства РФ "Об утверждении Положения о декларировании безопасности гидротехнических сооружений" от 06.11.1998 г. № 1303 [11];

- Постановление Правительства РФ "Об утверждении правил определения величины финансового обеспечения гражданской ответственности за вред, причиненный в результате аварии гидротехнического сооружения" от 18.11.2001 г. № 876 [12];

- Постановление Правительства РФ "О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера" от 21.05.2007 г. № 304 [13];

- "Порядок определения размера вреда, который может быть причинен жизни, здоровью физических лиц, имуществу физических лиц в результате аварии гидротехнического сооружения". Утвержден приказом МЧС России,

Минэнерго России, МПР России, Минтранса России и Госгортехнадзора России от 18.05.2002 г. № 243/150/270/68/89, зарегистр. Минюстом России 03.06.2002 г., рег. № 3493 [14];

- ГОСТ Р 22.0.02-94. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения основных понятий. Изменен "Изменением № 1", введенным в действие постановлением Госстандарта России от 31.05.2000 г. № 148-ст [15];

- ГОСТ Р 22.1.12-2005, Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Структурированная система мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений. Общие требования [16];

- ГОСТ 19185-73. Гидротехника. Основные понятия. Термины и определения [17];

- СНиП 33-01-2003. Гидротехнические сооружения. Основные положения. М., Госстрой России, 2004 [18].

Целый ряд нормативных документов, правил и рекомендаций разработан и утвержден органами государственного надзора за безопасностью гидротехнических сооружений, получили развитие работы в направлении страхования рисков аварий ГТС.

Настоящие методические рекомендации предназначены для экспертной оценки риска аварий на ГТС водохозяйственного и промышленного назначения при декларировании их безопасности, экспертизе деклараций безопасности и страховании рисков аварий.

Реализация разработанных рекомендаций позволяет в достаточно простой и ясной форме дать сопоставительную оценку риска аварий на ГТС на основе экспертного анализа всей совокупности факторов, влияющих на надежность и безопасность их работы, включая возможный ущерб при аварии.

Экспертный анализ факторов, влияющих на риск аварий на гидротехнических сооружениях, проводится на основании рассмотрения следующих основных материалов:

- утвержденный рабочий проект, включая все внесенные в него изменения и данные об инженерно-геологических, гидрогеологических,

гидрологических, топографических и природно-климатических условиях строительства;

- исполнительная документация, включая акты на скрытые работы;
- декларация безопасности ГТС;
- критерии безопасности ГТС;
- правила использования водных ресурсов водохранилищ;
- инструкция по эксплуатации с регламентацией должностных обязанностей обслуживающего персонала, технологической схемы заполнения накопителя промышленных отходов и пр.;

- проект мониторинга ГТС;
- инструкция по проведению натурных наблюдений (по мониторингу);
- данные о соответствии проекту состава и состояния контрольно-измерительной аппаратуры (далее – КИА); материалы геотехнического контроля в процессе строительства; материалы наблюдений состояния ГТС и окружающей среды в зоне влияния гидротехнического сооружения в период эксплуатации; акты инспекторских проверок и комиссионных обследований состояния ГТС, расследований имевших место повреждений и аварий;

- результаты расчетов волны прорыва и оценки возможного ущерба; данные о службе эксплуатации ГТС и уровне культуры эксплуатации ГТС (укомплектованность и квалификация штатов, техническая оснащенность; наличие необходимых методических материалов, средств измерений и контроля, регулярность обследований состояния ГТС и проведения текущих ремонтов, привлечение к анализу данных натурных наблюдений специализированных организаций и пр.);

- данные о готовности объекта к локализации и ликвидации аварийных ситуаций (наличие плана ликвидации аварий по возможным сценариям, укомплектованность и оснащенность аварийных бригад и привлекаемых в случае необходимости формирований ГО инструментами и техникой, наличие и достаточность противоаварийного запаса материалов, регулярность

противоаварийных тренировок, наличие и состояние средств связи и системы оповещения и т.п.);

- данные об организации санитарных, защитных и охранных зон гидротехнических объектов.

2 Объект и методы исследования

ГТС золоотвала расположены на территории муниципального образования г. Юрга Кемеровской области. ООО «ЮТЭЦ» вырабатывает электрическую и тепловую энергию и является основным источником единой энергетической системы. Фактическая электрическая мощность – 84 МВт, тепловая – 455 Гкал. В состав ГТС золоотвала ООО «ЮТЭЦ» входят: золоотвал (основная емкость с бассейном осветленной воды, ограждающая и разделительная дамбы); золошлакопроводы и водоводы; водозаборные и водосбросные сооружения; нагорная канава, сопряженная с закрытым коллектором; багерная насосная станция и насосная станция осветленной воды.

Золоотвал – намывной, односекционный, полезным объемом 1820 тыс. м³. Ограждающая дамба – насыпная, грунтовая, высотой около 20 м.

Транспортировка золы и шлака в багерную насосную станцию внутри ТЭЦ осуществляется по каналам ГЗУ с помощью смывных сопел; от багерной в золоотвал пульпа транспортируется по двум нитям золошлакопроводов; пройдя частичное осветление, вода из золоотвала через водосбросные колодцы № 3 и № 4 поступает в пруд (бассейн) осветленной воды; возврат осветленной воды из пруда в автоматизированную насосную станцию осветленной воды производится по двум трубопроводам; в главный корпус ТЭЦ осветленная вода возвращается по двум водоводам. На технические нужды вода забирается из реки Томь в общем объеме около 11,5 млн. м³/год.

ГТС золоотвала относятся к объектам энергетики и являются сооружениями III (третьего) класса, по виду являются ГТС специального назначения.

2.1 Расположение площадки гидротехнических сооружений

Гидротехнические сооружения золоотвала оборотной системы гидрозолоудаления (ГЗУ) ООО «ЮТЭЦ» расположены на северо-западной

окраине города Юрги, в 2-ух км северо-восточнее от площадки ТЭЦ предприятия, на левобережной террасе реки Томь, в логу ручья Березовый лог, вытянутом с запада на восток и предназначены для аккумуляции и очистки сточных вод с ТЭЦ, с последующей подачей их в оборотную систему ГЗУ.

С западной стороны золоотвала проходит автодорога Юрга – деревня Талая; с восточной, на расстоянии 50-250 м от ограждающей дамбы золоотвала, расположена насыпь под железную дорогу на Кулаковский карьер; у юго-восточного угла накопителя находится недействующий шламонакопитель абразивного завода (АБЗ).

2.2 Природно-климатические условия района расположения гидротехнических сооружений

Климат района расположения ГТС золоотвала ТЭЦ резко континентальный. Лето короткое, жаркое. Зима холодная, продолжительная. К основным климатическим параметрам, рассматриваемого района, расположения золоотвала относятся:

- продолжительность морозного периода – 175 суток при средней температуре воздуха минус 12 °С;
- абсолютная минимальная температура воздуха – минус 50 °С; абсолютная максимальная температура воздуха – плюс 37 °С;
- среднегодовое количество осадков – 429 мм, средняя высота снежного покрова до 0,83 м.;
- нормативная глубина сезонного промерзания грунтов 2 м;
- преобладающее направление ветров – южное (зимой) и юго-западное (летом); максимальная скорость ветра 20 м/с

Площадка расположения ГТС золоотвала ТЭЦ приурочена к поверхности древней эрозионно-аккумулятивной террасы реки Томи, осложненной глубинными эрозионными врезами долины ручья Березовый лог и его притоками. Северо-восточный склон долины крутой, противоположный – более

пологий. Абсолютные отметки рассматриваемого участка в пределах от 110 до 140 м.

В геологическом строении площадки расположения золоотвала ТЭЦ участвуют четвертичные отложения, представленные аллювиальными суглинками, подстилаемыми гравийно-галечниковым грунтом. На отдельных участках в основании восточного участка ограждающей дамбы золоотвала залегает почвенно-растительный слой. По дну лога залегает разложившийся торф, ниже которого находятся иловатые суглинки.

В трехста метрах от золоотвала с восточной стороны протекает река Юргинка, которая является левым притоком реки Томь. Водосборная площадь реки Юргинка составляет 7,44 км²; длина 11,5 км; ширина 0,7 м; русло извилистое (коэффициент извилистости 1,3), хорошо выраженное; средняя глубина 0,08 м; уклон 0,008; расход воды 95 % составляет 0,15 м³/с; средняя скорость течения 0,07 м/с.

Река Томь является правым притоком реки Оби бассейна Карского моря, берет начало на западных склонах Абаканского хребта. Устье реки расположено в 65 км ниже г. Томска, общая длина реки 839 км, протяженность участка реки в пределах Кемеровской области 596 км. Река Томь по характеру водного режима относится к большим рекам с паводками в теплое время года и весенне-летним половодьем. Для режима Томи свойственно высокое весеннее половодье, связанное с таянием снега, а также резкие подъемы уровня в периоды обильных дождей в горах. Средний годовой расход реки составляет около 950 м³/с; годовой расход 95 % обеспеченности 680 м³/с; минимальный расход воды 95 % обеспеченности 61,7 м³/с (зимняя межень) и 185 м³/с (летне-осенняя межень).

ГТС золоотвала ООО «ЮТЭЦ» для регулирования расхода поверхностных водотоков не предназначена.

Расчетная интенсивность сейсмических воздействий для района расположения ГТС золоотвала ООО «ЮТЭЦ» (по пункту - г. Юрга), принятая для средних грунтовых условий составляет 6 баллов по шкале MSK-64 с 10 % вероятностью превышения указанного значения в течение 50 лет [17].

Оползневых и селевых явлений в районе расположения ГТС не наблюдалось.

Площадка золоотвала ТЭЦ расположена на территории, в пределах которой подземные горные работы не проводились и их проведение не планируется.

Нормативная глубина промерзания грунтов на площадке расположения ГТС-2,2 м.

В гидрогеологическом отношении в пределах рассматриваемой площадки выделены следующие водоносные горизонты:

- в песчано-галечниковых отложениях на глубине от 6 м до 15 м прослеживается водоносный горизонт со свободной поверхностью (мощностью от 1 до 6 м);

- в верхней зоне пород, на глубине 20-120 м развиты трещинные воды (мощностью 20-80 м); воды напорные, в долинах рек воды данного водоносного горизонта дренируют источники с малым дебитом (доли литра в секунду).

Кроме того, в процессе эксплуатации ГТС золоотвала ТЭЦ на площадке его расположения в естественных глинистых грунтах и техногенных зольных отложениях развился водоносный горизонт грунтовых вод. Данный водоносный горизонт безнапорный, формируется в результате инфильтрации атмосферных осадков и гидравлической связи с поверхностной технической водой из золонакопителя. Разгрузка грунтовых вод осуществляется в местную гидросеть.

Золокошляковый материал заполняет ложе золоотвала № 1 слоем толщиной от 3 до 10 м, часть слоя покрыта водой отстойного пруда, часть обнажается на поверхность в пределах надводного откоса намыва (пляж).

По зерновому составу зола, в основном, аналогична пескам пылеватым.

Плотность золы составляет 1,46 г/см³, плотность сухой золы составляет 0,78 г/см³, коэффициент пористости – 3,34, степень влажности – 1, содержание органики – 0,19 %.

В качестве неблагоприятного фактора следует отметить высокую неравномерность слоя золы по плотности и сжимаемости.

Отсыпку наращиваемой ограждающей дамбы желательно производить на сухое золо-шлаковое основание.

В качестве материала для строительства ограждающих дамб золоотвалов № 1 и № 2 рекомендуется местный грунт-суглинок из ложа золоотвала № 2, необходимая потребность в объеме 600 тысяч м³ обеспечивается, качество грунта удовлетворяет техническим требованиям [18].

2.3 Описание условий эксплуатации и характеристика гидротехнического сооружения

ГТС золоотвала ООО «ЮТЭЦ» относятся к сооружениям III класса. Эти сооружения предназначены для транспортирования, очистки и аккумуляции сточных вод, которые образуются в системе ГЗУ ТЭЦ предприятия, с последующей подачей их в оборотную систему.

В составе ГТС золоотвала ТЭЦ находятся такие сооружения как:

- золоотвал (состоит из ёмкости и ограждающей дамбы); золошлакопроводы и водоводы, водозаборные и водосбросные сооружения; нагорная канава, сопряжённая с закрытым коллектором; насосная багерная станция и насосная станция осветлённой воды. Золоотвал – односекционный; намывной, овражно-косогорного типа. Предназначен для очистки сточной воды с ТЭЦ и накопления твёрдого осадка (зола, шлак), образующегося в процессе сжигания твёрдого топлива. Объём накопителя: общий 2100 тыс. м³ (при отметке гребня дамбы 133,0 м); полезный 1900 тыс. м³ (при отметке заполнения ёмкости 132,5 м). Запас оставшейся вместимости золоотвала при отметке заполнения накопителя 132,5 м составляет около 200 тыс. м³.

- пруд (бассейн) осветлённой воды в юго-восточной части золоотвала, путём отсыпки в его ёмкости разделительной дамбы из шлака. Ограждающая дамба – грунтовая, талая, неоднородная, насыпная. Насыпной грунт тела восточного участка дамбы – глинистый и крупнообломочный. Основная часть дамбы представлена суглинком пылеватым, твёрдым и полутвёрдым, редко туго-

мягкопластичной консистенции (в основном приурочен к нижней части дамбы), с примесью органики. На контакте гребня дамбы I очереди наращивания и основания дамбы II очереди наращивания залегает слой гравийно-галечникового грунта. Дамба II очереди наращивания отсыпана на золошлаковое основание; сложена суглинком лессовым, от мягкопластичной до текучей консистенции, высокопористым, с повышенной сжимаемостью, с примесью органики. На отдельных участках гребня дамбы II очереди наращивания имеется гравийно-галечниковый грунт. Насыпной грунт упорной призмы, со стороны низового откоса восточного участка ограждающей дамбы золоотвала, представлен отходами металлургического производства (остатки металла и облицовочного кирпича, шлак), состоящему из глыбово-щебенистого грунта с заполнителем из гравелистого песка до 50 %; по степени морозо-опасности грунт относится к слабо-пучинистым. Грунты в восточном участке ограждающей дамбы золоотвала, обладают высокой степенью их водонасыщения. На участке центральной части дамбы выделена зона с повышенной фильтрационной активностью. Отметка гребня дамбы – 131,71-134,47 м; максимальная высота около 20 м; максимальный напор около 5 м; длина по гребню – 2250 м; ширина по гребню – 40 м.

В качестве дренажных сооружений в теле восточного участка ограждающей дамбы выполнены перфорированные асбестоцементные трубы диаметром 300 мм, в отсыпке из гравия крупностью 20-40 мм. Для осмотра и обслуживания дренажных устройств по трассе предусмотрены дренажные колодцы. В составе ГТС золоотвала ТЭЦ предусмотрены следующие водосбросные и водозаборные сооружения:

- водосбросный колодец № 1 – сборный железобетонный колодец; предназначен на случай аварийного сброса воды из золоотвала в дренажную канаву и далее в поверхностный водоём (р. Юргинка);

- водосбросные колодцы № 3 и № 4 – колодцы шахтного типа, сопряжённые с трубопроводами (коллекторами), проложенными в теле

разделительной дамбы; предназначены для забора воды из ёмкости золоотвала и перетока её в пруд осветлённой воды;

- водозаборные трубы – стальные трубы (двунитки) диаметром 400 мм, проложенные в теле восточной ограждающей дамбы. Предусмотрены для забора воды из пруда осветлённой воды в насосную станцию осветлённой воды, на водоприёмных оголовках трубопроводов установлены сороудерживающие решётки с ячейками 80 x 80 мм.

Система гидротранспорта золошлаковой пульпы – совместная, напорная, гидравлическая. Предназначена для подачи золы и шлака, образующихся при сжигании твёрдого топлива на ТЭЦ, в золоотвал.

В систему гидротранспорта входят следующие сооружения:

- багерная насосная станция – расположена в котельном цехе на территории ТЭЦ; оборудована тремя насосами 8ГР-8Т и тремя насосами 2НФМ-64/20;

- золошлакопроводы – стальные трубы, диаметр – 325 мм (двунитки, из них 1 рабочая, 1 резервная) длиной 2500 м; проложены от багерной насосной станции по территории ТЭЦ и над автомобильной дорогой – по эстакаде, под железнодорожной магистралью – по тоннелю (на металлических подвесках) над рекой Юргинка, под насыпью и автодорогой в районе золоотвала – в железобетонном (ж/б) кожухе, по дамбе – на лежневых ж/б опорах.

Система обратного водоснабжения – напорная. Предназначена для возврата осветлённой воды из золоотвала для повторного использования в обратном цикле ГЗУ ТЭЦ.

Система обратного водоснабжения включает в себя сооружения:

- водоводы – стальные трубы диаметром 325 мм (двунитки, из них 1 рабочая, 1 резервная); проложены параллельно золошлакопроводам;

- насосная станция обратного водоснабжения – расположена у подножия восточной дамбы золоотвала; выполнена из сборных железобетонных конструкций с полуподземной частью; оборудована тремя насосами Д-500/65 (производительность 500 м³/ч; напор 65 м); автоматизирована (насосное

оборудование эксплуатируется без обслуживающего персонала, на главный щит управления (ГЩУ) ТЭЦ по кабелю связи вынесен светозвуковой сигнал «Неисправность в насосной станции»).

С южной стороны накопителя, для перехвата и отвода ливневых и паводковых вод с прилегающей к золоотвалу территории, предусмотрена нагорная канава, сопряжённая с закрытым коллектором (одна нитка ж/б труб диаметром 1500 мм, с устройством по длине сооружения бетонных поворотных и перепадных колодцев) с выпуском в р. Юргинка.

В соответствии с СП 58.13330.2012, ГТС золоотвала ООО «ЮТЭЦ» являются сооружениями III класса [19].

Золошлаковая пульпа, которая образуется при сжигании твёрдого топлива на ТЭЦ, по золошлакопроводам, проложенным от багерной насосной станции (территория ТЭЦ), сбрасывается в золоотвал. Пройдя частичное осветление, вода из золоотвала поступает в пруд осветлённой воды через водосбросный колодец, откуда затем трубопроводами забирается в насосную станцию и далее по водоводам возвращается в оборотный цикл ГЗУ ТЭЦ.

По результатам инженерно-геологических изысканий отходы, накопленные в ёмкости рассматриваемого золоотвала, представляют собой рыхлую золу, повышенной сжимаемости, насыщенную водой; по гранулометрическому составу – песок пылеватый. Согласно результатам биотестирования, золошлаковые отходы не оказывают токсического действия; класс опасности отходов – V (пятый) [20].

2.4 Гидротехнические сооружения, входящие в комплекс обследуемого золоотвала

ГТС золоотвала ТЭЦ эксплуатируются в замкнутом цикле оборотного технологического водоснабжения. Транспортировка золы и шлака в багерную насосную станцию, расположенную в котельной № 2 внутри ТЭЦ, осуществляется по каналам ГЗУ с помощью смывных сопел. От багерной

станции в золоотвал пульпа транспортируется по двум нитям магистрального золошлакопровода (один рабочий, другой резервный). Длина трассы 1750 м.

Золоотвал расположен в полутора километрах от площадки ТЭЦ, в узком вытянутом логу. Ширина гребня дамбы 6 м.

Сброс пульпы в емкость золоотвала происходит рассредоточено – по периметру ограждающей дамбы. На золошлакопроводах принята система рабочих выпусков, работающих поочередно по мере намыва пляжа. В зимнее время сброс пульпы в золоотвал – сосредоточенный, с укладкой золошлакового материала под лед.

Пройдя частичное осветление, вода из золоотвала через водосбросные колодцы № 3 и № 4 поступает в пруд осветленной воды, откуда трубопроводами забирается в автоматизированную насосную станцию осветленной воды и далее по двум водоводам возвращается в оборотный цикл для повторного использования [21].

В связи с тем, что ёмкость золоотвала практически замята золошлаковыми отложениями до проектной отметки, для создания свободной емкости (запаса вместимости) в накопителе с целью дальнейшей его эксплуатации, производят экскаватором разработку (выемку) золошлаков из емкости золоотвала и их транспортирование КамАЗами на специально отведенный для этих целей земельный участок (за нагорной канавой с южной стороны накопителя).

2.5 Оборудование, используемое для сжигания твёрдого топлива, и его характеристика

Для сжигания твердого топлива используются следующие котлоагрегаты:

1) Котлы I очереди (№ 1, № 2, № 3): количество – 3 шт., марка – Саймон-Карвес (Англия), год выпуска – 1944, паропроизводительность – 120 т/ч, давление пара – 33 кгс/см², температура пара – 420 °С, устройства размола угля

– молотковые мельницы типа ММТ1300/1310 в количестве 4 шт., золоуловители – тип «батареинный циклон» в количестве 2 шт. на каждый котел;

2) Котел II очереди (№ 5): количество – 1 шт., марка – БК3220100ЖЩ, год выпуска – 1968, реконструирован в 2005-2008 гг., паропроизводительность – 250 т/ч, давление пара – 100 кгс/см², температура пара – 540 °С, устройства размола угля – молотковые мельницы типа ММТ1300/2564 в количестве 4 шт., золоуловители – электрофильтр типа ПГДС-50-3 в количестве 1 шт. [22].

Для транспортировки шлака и золы, образующихся при сжигании твердого топлива, система гидрозолоудаления оборудована:

- багерной насосной станцией;
- золошлакопроводами;
- насосной станцией осветленной воды оборотного цикла;
- золошлакоотвалом.

Багерная насосная оборудована тремя насосами марки ГРТ400/40 [23]. Багерная насосная станция предназначена для транспортировки гидрозолошлаковой пульпы из котельного цеха на золоотвал. Пульпа, которая собралась в канал ГЗУ после спуска шлака из шлакоприёмных устройств и золы из мультициклонов экономайзеров и электрофильтров, по каналам ГЗУ, направляется в багерную насосную. В багерный канал разветвляется на три распределительных лотка, идущих к насосам. На каждом лотке установлены отсекающие шандоры. При поднятом шандоре пульпа поступает в металлоуловитель и далее в насос. Крупные куски шлака задерживаются на решётке. Металлоуловитель действует по принципу оседания тяжёлых частиц при изменении направления потока. Металл удаляется через нижний люк водой, поданной через смывные сопла.

Ватерный насос состоит из рабочего колеса (для уменьшения износа выполнена с небольшим количеством лопаток), корпуса, вала, всасывающего и нагнетательного патрубков. Улитка насоса от износа защищена бронёй [24].

Система внешнего золошлакоудаления оборудована двумя (левый, правый) золошлакопроводами длина которых 2500 м и диаметр 325 мм.

Пропускная способность любого из золошлакопроводов обеспечивает нормальное удаление золы и шлака при максимальной загрузке станции.

2.6 Сведения о параметрах и материалах основных элементов гидротехнического сооружения

Насыпной грунт тела восточного участка дамбы представлен видами – глинистым и крупнообломочным. Тело восточного участка ограждающей дамбы выполнено из суглинистого грунта с примесью органики прослоями. На контакте гребня дамбы I очереди наращивания и основания дамбы II очереди наращивания залегает слой гравийно-галечникового грунта. Дамба II очереди наращивания отсыпана на золошлаковое основание (намывной пляж); сложена суглинком с примесью органики. На отдельных участках гребня дамбы II очереди наращивания имеется гравийно-галечниковый грунт. Насыпной грунт упорной призмы со стороны низового откоса восточного участка ограждающей дамбы золоотвала представлен отходами металлургического производства. На участке центральной части восточного участка ограждающей дамбы выделена зона с повышенной фильтрационной активностью. Южный и западный участки ограждающей дамбы выполнены суглинком полутвердым с отсыпкой по поверхности дамб ярусов наращивания песчано-гравелистого грунта, имеющего неоднородное строение и малую степень водонасыщения. Основные параметры ограждающей дамбы золоотвала: отметка гребня – 132,98-135,38 м (по проекту – 133,0 м); максимальная высота – около 20 м (по проекту – 17 м); длина по гребню – 2250 м; ширина по гребню – 10-40 м (по проекту – 6 м); заложение откосов – 1:1,7-1:2,6 (по проекту – 1:2,5).

Максимальная водопропускная способность ГТС – напорное ГТС (дамба) для пропуска воды не предназначено; пропускная способность каждого из водобросных колодцев системы возврата осветленной воды (ОВ) составляет 1,5 м³/с.

2.7 Общие меры по обеспечению эксплуатационной надежности и безопасности гидротехнического сооружения

Техническая эксплуатация сооружений (техническое обслуживание и ремонт) – это комплекс технических мероприятий, обеспечивающих безотказную работу всех элементов и систем сооружений в течение нормативного срока их службы. Эксплуатационные качества сооружений определяют его надежность [25].

В качестве организационных мероприятий по обеспечению эксплуатационной надежности и безопасности ГТС предусмотрены:

- контроль состояния безопасности ГТС и их воздействия на окружающую среду;

- при проектировании ГТС следует руководствоваться законодательством Российской Федерации о безопасности и нормативными требованиями, направленными на обеспечение безопасности ГТС;

- при проектировании ГТС должны быть предусмотрены конструктивно-технологические решения по предотвращению развития возможных опасных повреждений и аварийных ситуаций, которые могут возникнуть в периоды эксплуатации;

- применение натуральных наблюдений за работой и состоянием ГТС как в процессе проектирования и строительства, так и при эксплуатации для своевременного выявления дефектов и неблагоприятных процессов;

- высококвалифицированный персонал;

- проведение всех видов инструктажей со всеми работниками и специалистами, выполняющими работы по эксплуатации ГТС;

- своевременное проведение плановых профилактических и ремонтных работ на ГТС для предупреждения аварийных ситуаций;

- проведение регулярных инспекций ГТС надзорными органами с целью выявления нарушений при эксплуатации гидросооружений [26].

Организационные мероприятия, разработаны по результатам экспертных обследований, осмотров ГТС комиссией специалистов предприятия и согласно предписаниям органов надзора.

В качестве технических мероприятий по повышению надежности и безопасности ГТС предусмотрены [27]:

- плановые и текущие ремонтные работы ГТС и технологического оборудования в соответствии с ежегодно составляемым графиком;

- другие технические мероприятия, разработанные по результатам экспертных обследований, осмотров ГТС комиссией специалистов предприятия, а также согласно предписаниям органов надзора [28].

Все работы по эксплуатации золоотвала необходимо вести в соответствии с местной инструкцией, разработанной на основании: проекта организации золоотвала, «типовой инструкции по эксплуатации пульпопроводов внешнего гидрозолоудаления и золошлакоотвалов» [29].

Исследование ООО «ЮТЭЦ» показало, что на данном предприятии создана эффективная и безопасная система отвода и транспортировки золы до дамбы золоотвала с последующим возвратом осветленной воды на ТЭЦ.

3 Результаты расчётов и описание аварии

3.1 Описание аварии по принятому сценарию. Оценка риска

Оценка опасности аварии ГТС золоотвала ТЭЦ выполнена путём анализа вероятных последствий, которые могут возникнуть в результате разрушения напорных гидротехнических сооружений, эксплуатируемых ООО «ЮТЭЦ». С этой целью для выполнения данного расчёта будут определены:

- границы зоны затопления в случае гидродинамической аварии;
- продолжительность образования и размеры прорана в дамбе;
- расход и объём потока, истекающего по мере размыва прорана;
- высота и скорость волны прорыва в зоне возможного затопления и при движении излившегося потока по трассе растекания.

При аварии ГТС происходит образование пионерного прорана, через который вытекают вода и неконсолидированные отложения (шлам) из отстойника на местность, прилегающую к нижнему бьефу. Образование пионерного прорана в теле основной дамбы может быть вызвано различными видами опасных повреждений и деформаций ГТС [30] и их конструктивных элементов. Для ГТС золоотвала ООО «ЮТЭЦ» виды возможных опасных повреждений [31], способных привести к гидродинамической аварии:

- переполнение ёмкости с переливом потока через гребень дамбы, как следствие размыв её гребня и откосов, «редко» (частота возникновения $C_R=10^{-4}÷10^{-6}$ событий в год);
- нарушение правил безопасности эксплуатации ГЭС;
- неработоспособность состояния водозаборных и водосбросных сооружений;
- осадки малой обеспеченности;
- оползание верхового или низового откоса ограждающей дамбы в результате потери их устойчивости;

- статистические и динамические нагрузки, а также сейсмические воздействия «редко» ($C_R=10^{-4}\div 10^{-6}$ событий в год);

- суффозии на участках сосредоточенных очагов фильтрации с последующей просадкой грунтов «возможно» ($C_R=10^{-2}\div 10^{-4}$ событий в год);

- фильтрационные процессы (насыщение грунтов тела и основания дамбы водой) «вероятно» ($C_R=1\div 10^{-2}$ событий в год);

- размыв основной дамбы при прорыве пульпопровода, проложенного по гребню дамбы, «возможно» ($C_R= 1\div 10^{-2}$ событий в год).

где C_R – частота возникновения событий в год.

Причины, приводящие к перечисленным выше опасным повреждениям и деформациям ГТС золоотвала ТЭЦ и их конструктивных элементов, в результате которых может произойти авария, следующие: отклонения от проектных решений при строительстве и (или) эксплуатации; нарушения правил безопасности при эксплуатации сооружений; постороннее вмешательство (террористический акт); стихийное бедствие (катастрофические ливни, паводки, землетрясения).

С учётом возможных причин возникновения гидродинамической аварии на ГТС золоотвала ООО «ЮТЭЦ» приняты следующие сценарии развития гидродинамической аварии (таблица 1):

Таблица 1 – Сценарии развития гидродинамической аварии

Сценарий развития гидродинамической аварии	Причины аварии
Сценарий №1	прорыв напорного фронта в сечении I-I, ослабленном коллектором сборного железобетонного колодца, в результате контактной фильтрации.
Сценарий №2	разрушение (проран) основной дамбы золоотвала в сечении II-II вследствие перелива воды через гребень в период весеннего или ливневого паводка

Продолжение таблицы 1

Сценарий №3	прорыв напорного фронта (дамбы) в результате оползня или оплывания низового откоса в меженный период с последующим попаданием потока в р. Юргинка
Сценарий №4	прорыв напорного фронта (дамбы) в сечении IV-IV, которое ослаблено стальными трубами диаметром 400 мм, предусмотренными для забора воды из пруда осветлённой воды в насосную станцию, вдоль которых возможна контактная фильтрация
Сценарий №5	прорыв пульпопровода, проложенного по гребню основной дамбы и, как следствие, её размыв

Расчёт зоны возможного затопления проведён для сценария – прорыв напорного фронта в сечении I-I, ослабленном коллектором сборного железобетонного колодца с шандорами, в результате контактной фильтрации.

Процесс развития рассматриваемого сценария гидродинамической аварии, связанной с разрушением (прораном) основной дамбы золоотвала условно можно разделить на этапы:

- образование пионерного прорана в теле дамбы;
- излив потока через образовавшийся проран, который, стекая по низовому откосу дамбы и постепенно расширяясь, размывает её, как в глубину, так и в ширину;
- истечение из ёмкости золоотвала через размываемый проран слоя воды и неконсолидированных отложений; размыв прорана как в ширину, так и в глубину до отметки плоскости предельного размыва (ППР), затем размыв прорана происходит только в ширину;
- распространение потока, потерявшего разрушительную силу и скорость, по железобетонному лотку и далее по руслу реки Юргинка, и, в конечном итоге, аккумулятивное в реке Томь;

- аккумуляция воды, излившейся из прорана, в идущем параллельно дамбе овраге руч. Берёзовый лог.

3.2 Исходные данные предприятия для расчёта вероятного вреда от гидродинамической аварии

Основные параметры и характеристики:

- H (м) – глубина слоя потока, вытекающего через размываемый проран;
- u_{MAX} (м) – максимальная (расчетная) глубина прорана;
- V (м³) – объем воды и неконсолидированных отложений в шламонакопителе;
- F (м²) – площадь зеркала воды в шламонакопителе;
- l_0 (м) – ширина гребня грунтового ограждающего сооружения в расчетном сечении до начала аварии;
- $m_{\text{ОТК}}$ (м/м) – заложение верхового откоса грунтового ограждающего сооружения;
- $n_{\text{ОТК}}$ (м/м) – заложение низового откоса грунтового ограждающего сооружения;
- $\rho_{\text{ж}}$ (м) – плотность жидкости в слое с неоднородным составом;
- ρ_s (т/м³) – плотность частиц грунта тела грунтового ограждающего сооружения;
- ρ_d (т/м³) – средняя плотность сухого грунта тела грунтового ограждающего сооружения;
- d (м) – средневзвешенный диаметр частиц размываемого грунта;
- $Z_{\text{ОУВБ}}$ (м) – абсолютная отметка уровня воды в накопителе на начало аварии;
- $Z_{\text{ОГ}}$ (м) – абсолютная отметка гребня дамбы (плотины) в расчетном сечении в начале аварии;
- $Z_{\text{ППР}}$ (м) – абсолютная отметка плоскости предельного размыва

- $Z_{ОВБ}$ (м) – абсолютная отметка основания дамбы (плотины) со стороны верхового откоса;

- $Z_{ОНБ}$ (м) – абсолютная отметка основания дамбы (плотины) со стороны низового откоса;

- $Z_{ГД}$ (м) – абсолютная отметка гребня дамбы;

- $Z_{В}$ (м) – абсолютная отметка гребня волны

Таблица 2 – Исходные данные для расчёта разрушения дамбы золоотвала

Обозначение	Значение, м.	Обозначение	Ед. изм.	Значение	Обозначение	Ед. изм.	Значение
$Z_{ГД}$	133,28	$m_{отк}$	-	1,7	P_d	т/м ³	2,02
$Z_{В}$	132,30	$n_{отк}$	-	1,9	P_s	т/м ³	3,02
$Z_{ОНБ}$	121,10	L_o	м	10	$P_{ж}$	т/м ³	1,00
$Z_{ОВБ}$	121,10	F	м ²	159908	d	мм	0,003

3.3 Результаты расчётов

Расчёт зон затопления при гидродинамической аварии по сценарию – прорыв напорного фронта в сечении I-I, ослабленном коллектором сборного железобетонного колодца с шандорами, в результате контактной фильтрации.

Расчёт зоны возможного затопления проведён в соответствии с «Методикой расчёта зон затопления при гидродинамических авариях на хранилищах производственных отходов химических предприятий» (РД 09-391-00) [32].

В момент разрушения дамбы отметка дна прорана будет равна отметке плоскости предельного размыва $Z_{ПР} = 126,36$ м. Глубина и расход потока в проране будут иметь следующие значения: $h_i = 4,43$ м; $Q_i = 69,27$ м³/с. Ширина прорана составит $b_i = 5,41$ м. Удельный расход потока в проране составит $q_i = 12,80$ (м³/с)/м. Далее размыв тела дамбы будет происходить только в ширину.

Через $T \approx 50$ мин от начала аварии дальнейший размыв прорана прекратится, его ширина достигнет своего максимума: $b_{МАХ} = 9,72$ м. Глубина и расход потока в проране, объём потока, вытекшего через проран будут иметь

следующие расчётные значения: $h_i = 3,11$ м; $Q_i = 73,25$ м³/с; $q_i = 7,54$ (м³/с)/м; $V_i \approx 209,3$ тыс. м³.

Карта местности золоотвала ООО «ЮТЭЦ» с обозначением вероятной зоны затопления при гидродинамической аварии приведена в приложении А.

Значение нормальной глубины потока рассчитывается по формуле:

$$h_0 = \sqrt{2 \frac{b_{max} + h_i}{i_{отк} + i_{потк}}}, \text{ м} \quad (1)$$

Для определения формы свободной поверхности потока необходимо сравнить величину нормальной глубины h_0 с критической глубиной $h_{кр}$ и значение уклона внешнего откоса дамбы $i_{в0}$ со значением критического уклона $i_{кр}$.

Определяем критическую глубину потока по формуле:

$$h_{кр} = \sqrt[3]{\frac{aQ^2_{max}}{gb^2}}, \text{ м} \quad (2)$$

где a – коэффициент кинетической энергии, равен 1,1;

g – ускорение силы тяжести ($g = 9,81$ м/с²)

Нормальная глубина h_0 потока вычисляется в процессе итерационной процедуры (подбором) по значению модуля расхода K_0 :

$$K_0 = \frac{q}{\sqrt{i_{в0}}}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (3)$$

Значение уклона внешнего откоса дамбы $i_{в0}$ вычисляется по формуле:

$$i_{в0} = \frac{1}{\text{потк}} \quad (4)$$

Начальная площадь сечения ω_0 рассчитывается по формуле:

$$\omega_0 = b_0 \cdot h_0, \text{ м}^2 \quad (5)$$

где b_0 – начальная ширина прорана;

h_0 – начальная глубина потока в проране.

Смоченный периметр потока X_0 рассчитывается по формуле:

$$X_0 = b_0 + 2h_0, \text{ м} \quad (6)$$

Гидравлический радиус R_0 рассчитывается по формуле:

$$R_0 = \frac{\omega_0}{X}, \text{ м} \quad (7)$$

Коэффициент Шези определяем по формуле:

$$C_0 = \frac{1}{n} \cdot R_0^{1/6} \quad (8)$$

где n – коэффициент шероховатости, равен 0,025

Рассчитываем критические значения параметров (условия начала аварийной ситуации).

Определяем величину критического смоченного периметра потока $X_{кр}$ по формуле:

$$X_{кр} = b + 2h_{кр}, \text{ м} \quad (9)$$

Определяем величину критического значения коэффициента Шези $C_{кр}$ по формуле:

$$C_{кр} = \frac{1}{n} \cdot R_{кр}^{1/6}, \text{ м}^{1/2}/\text{с} \quad (10)$$

Определяем величину критического уклона $i_{кр}$ по формуле:

$$i_{кр} = \frac{g \cdot X_{кр}}{a \cdot C_{кр}^2 \cdot b_{max}} \quad (11)$$

Определяем величину критического гидравлического радиуса $R_{кр}$ по формуле:

$$R_{кр} = \frac{\omega_{кр}}{X_{кр}}, \text{ м} \quad (12)$$

Определяем величину критической площади сечения прорана дамбы $\omega_{кр}$ по формуле:

$$\omega_{кр} = b_{max} \cdot h_{кр}, \text{ м}^2 \quad (13)$$

Определяем величину критического модуля расхода $K_{кр}$ по формуле:

$$K_{кр} = \omega_{кр} \cdot C_{кр} \cdot \sqrt{R_{кр}}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (14)$$

Рассчитаем расход потока у подошвы откоса Q_1 по формуле:

$$Q_1 = m \cdot b \cdot h^{3/2} \cdot \sqrt{2 \cdot g}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (15)$$

где m – коэффициент водослива, равный 0,31.

Скорость потока в проране U_2 рассчитывается по формуле:

$$U_2 = \frac{q_{max}}{h_{кр}}, \text{ м/с} \quad (16)$$

Удельный расход потока в проране q_2 определяется по формуле:

$$q_2 = \frac{Q}{b}, \text{ м}^2/\text{с} \quad (17)$$

Среднее значение глубины потока $h_{\text{ср}}$ рассчитывается по формуле:

$$h_{\text{ср}} = \frac{h_{\text{max}} + h_{\text{min}}}{2}, \text{ м} \quad (18)$$

где $h_{\text{min}} = h_0 = 0,665$ (из исходных данных).

Длина откоса, на который устанавливается нормальная глубина, J рассчитывается по формуле:

$$J = 45^3 \sqrt{h_{\text{ср}} \cdot \left(\frac{b}{b+2h_{\text{ср}}}\right)^4}, \text{ м} \quad (19)$$

Глубина потока у подошвы откоса h_1 вычисляется по формуле:

$$h_1 = \frac{L_{\text{отк}}}{n_{\text{отк}} \cdot (\eta_1 - \eta_0(1-J))(\varphi(\eta_1) - \varphi(\eta_0))}, \text{ м} \quad (20)$$

Где $\varphi(\eta_1) = 0,715$ и $\varphi(\eta_0) = 0,0005$ – функции относительной глубины (определяются из таблицы приложения 1) [32];

$$\eta_1 = \frac{h_{\text{max}}}{h_0}, \eta_0 = \frac{h_{\text{min}}}{h_0} \text{ – относительные глубины.}$$

Скорость потока в сечении у подошвы откоса дамбы U_1 рассчитывается по формуле:

$$U_1 = \frac{q_{\text{max}}}{h_1}, \text{ м/с} \quad (21)$$

Таблица 3 – Расчёт параметров потока у подошвы низового откоса дамбы ЗОЛОТВАЛА

Обозначение	Ед. измерения	Значение
$n_{\text{отк}}$	-	1,9
$i_{\text{ВО}}$	-	0,526
b_{max}	м	9,72
$Z_{\text{ОНБ}}$	м	121,1
$Z_{\text{дна прорана}}$	м	126,36
$L_{\text{отк}}$	м	12,141
q	(м ³ /с)/м	12,8
Q	м ³ /с	73,25
b_1	м	5,41
h_1	м	4,43
Расчёт значения h_0		
K_0	м ³ /с	128,94
h_0	м	0,814

Продолжение таблицы 3

ω_0	м	4,405
R_0	-	0,626
C_0	$\text{м}^{1/2}/\text{с}$	36,995
K_r	$\text{м}^3/\text{с}$	128,94
Расчёт значений h_k, i_k		
aQ^2	-	537,6977
H	м	2,639
κ	м^2	14,275
X_k	м	10,687
R_k	-	1,336
C_k	$\text{м}^{1/2}/\text{с}$	41,977
K_k	$\text{м}^3/\text{с}$	692,541
i_k	-	0,009
Расчёт значений h_2 и U_2		
$h_{\text{ма}}$	м	4,43
$h_{\text{мин}}$	м	0,814
h	м	2,622
ω	м^2	14,186
J_1	$\text{м}^{4/3}$	25,138
Π_1	-	5,783
Π_0	-	1
$\varphi(\eta_1)$	-	0,0005
$\varphi(\eta_0)$	-	1,318
U_2	м/с	2,42
Расчётные максимальные параметры потока у подошвы низового откоса		
$Q_{\text{ма}}$	$\text{м}^3/\text{с}$	73,25
$b_{\text{ма}}$	м	9,72
$h_{2\text{ах}}$	м	0,538
$2_{\text{мах}}$	м/с	14,01

Поток, излившись из золоотвала, непосредственно попадает в овраг и далее – в реку Юргинка, распространяясь по её руслу и долине до впадения в реку Томь.

Гидродинамическая авария будет иметь следующие параметры:

- максимальный расход потока $Q_{\text{МАХ}} = 73.25 \text{ м}^3/\text{с}$;
- объём излившейся из ёмкости золоотвала воды $V_{\text{МАХ}} = 209,3 \text{ тыс. м}^3$;
- расчётное время размыва прорана в теле плотины = 9 час;
- площадь возможного затопления $F_{\text{зат}} = 76,7 \text{ тыс. м}^2$

Приближенная оценка тяжести последствий аварии ГТС при прорыве напорного фронта наряду с условиями в нижнем бьефе гидроузла (плотность заселения, инженерные сооружения, коммуникации и т.д.) произведена по значению потенциальной энергии воды в водохранилище по шкале балльности разрушений [30]. При этом используется формула логарифмического вида, связывающая величину баллов с удельной энергией потока:

$$B_p = 2 \cdot \lg (0,5 \cdot \rho \cdot h \cdot U^2) \quad (22)$$

где B – степень возможных разрушений в баллах;

$(0,5 \cdot \rho \cdot h \cdot U^2)$ – удельная энергия потока (рассматриваются значения $P > 1$);

ρ – плотность жидкости (для воды $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$);

h – глубина потока (м);

U – модуль скорости течения (м/с).

Максимальный расход потока на этом участке его трассы растекания определен с учётом паводка расчётной обеспеченности [31] 0,5 % и оценивается величиной $\approx 73,25 \text{ м}^3/\text{с}$.

Таблица 4 – Расчётные значения параметров потока, характеризующих его движение по трассе растекания от плотины золоотвала до реки Томь

Створ	Расстояние от створа до прорана L^{**} , м	Расход, $\text{м}^3/\text{с}$	Высота h_i , м	Скорость U_i , м / с	Отметка горизонтаводы $Z_{ГВ_i}$, м	Степень возможных разрушений $B_{\text{разруш}}$, балл
1	проран	73,25	3,11	2,42	132,30	5,4
2	подошва откоса		0,538	14,01	126,90	6,9

При распространении потока по любому из сценариев произойдет выход потока за пределы русла реки Юргинка и затопление прилегающей к ней территории. В зону возможного затопления не попадают объекты, расположенные на склонах долины реки. Поток погасится в реке Томь. В указанный водный объект, по мере развития аварии, попадает весь объём воды и неконсолидированных отложений, излившихся из ёмкости золоотвала.

В случае развития аварии на золоотвале по сценарию № 1 (прорыв напорного фронта в сечении I-I, ослабленном коллектором сборного железобетонного колодца с шандорами, в результате контактной фильтрации) будут иметь место следующие виды ущерба:

- ущерб жизни или здоровью лиц из числа обслуживающего персонала ТЭЦ и жителей г. Юрги, которые могут оказаться в зоне силового воздействия волны прорыва в случае аварии;

- ущерб окружающей природной среде – поверхностным водным объектам, биоресурсам (растительному, животному миру и иным организмам, живущим в воде и на суши), почвам в пределах зоны возможного затопления;

- прочие виды ущерба.

3.4 Оценка последствий аварии на ГТС

Таблица 5 – Результаты выполненной оценки последствий аварии на ГТС

Наименование показателя (обозначение, ед. измерения)	Сценарий № 1
1.Вероятность возникновения	редко
2.Частота возникновения (C_R , событий в год)	$1 \cdot 10^{-6} - 1 \cdot 10^{-4}$
3.Объём излившегося потока (V_{MAX} , тыс. м ³)	209,252
4.Масса взвешенных веществ (M_{MAX} , тонн)	165,8
5.Социальные потери	
а) общее число потерь днём (Z_N , человек), в том числе	0
-безвозвратные ($Z_{Л1}$, человек)	0
-возвратные ($Z_{Л2}$, человек)	1
б) общее число потерь ночью (Z_N , человек),	0
-безвозвратные ($Z_{Л1}$, человек)	0
-возвратные ($Z_{Л2}$, человек)	0

Продолжение таблицы 5

6. Суммарные показатели воздействия волны прорыва на окружающую среду	
а) на поверхностные воды ($Z_{П}^B$)	9,5
б) на грунтовые воды ($Z_{П}^{ГВ}$)	0
в) на почвы ($Z_{П}^П$)	2

Результаты выполненной оценки возможных последствий аварии ГТС золоотвала, по рассмотренному сценарию её возникновения, приведены в таблице 5.

3.5 Оценка степени риска возникновения аварии на ГТС

Оценка риска гидродинамической аварии на ГТС золоотвала выполнена в соответствии с требованиями ГОСТ Р 22.2.09-2015 [33] и «Методическими рекомендациями по оценке риска аварий на ГТС» [34], на основании экспертного анализа степени опасности аварии и степени уязвимости сооружений.

Степень риска аварии оценена по принципу пересечения этих событий и количественно выражена коэффициентом риска аварии $R_a = X_{ву}$. Физический смысл этого коэффициента состоит в том, что он представляет собой долю от риска, который имеет место на ГТС при наиболее неблагоприятном сочетании показателей опасности и уязвимости.

Состояние ГТС характеризуют три группы факторов:

- влияние окружающей среды, природных процессов;
- конструктивные особенности и фактическое состояние сооружений;
- размер вероятного вреда в случае возникновения аварии.

Применительно к опасным природным и техногенным процессам, понятия «опасность» и «риск» характеризуют возможные воздействия на объект, а «уязвимость» - его реакцию на эти воздействия.

Опасность – это процессы, протекающие в сооружениях и зоне их влияния, представляющие угрозу для жизни или условий жизнедеятельности людей, промышленных объектов или окружающей среды.

Уязвимость – свойство объекта терять способность выполнения естественных или заданных функций в результате негативных воздействий. Риск аварии – вероятностная мера опасности, установленная для ГТС определенной уязвимости в виде возможных потерь.

Оценка риска основана на результатах контроля и анализа факторов безопасности, наиболее существенных для данного сооружения, и условий его эксплуатации. Факторы безопасности – количественные и качественные характеристики состояния сооружения, природных воздействий и ожидаемого ущерба от аварии или разрушения ГТС. Оценка суммарного риска – комплексная характеристика, позволяющая произвести сравнительный анализ ситуации с позиций возможных потерь для рассматриваемых объектов.

3.6 Интегральная оценка риска аварий ГТС

Опасность аварии гидротехнического сооружения определяют следующие показатели: опасность превышения принятых при обосновании конструкции сооружения природных нагрузок и воздействий; обоснованность и соответствие проектных решений современным нормативным требованиям; соответствие проекту конструкции, свойств материалов сооружения и его основания, условий эксплуатации; возможные последствия и размер вероятного вреда в случае возникновения аварии на ГТС. Интегральная количественная оценка опасности напорного фронта ГТС водохранилищ и накопителей промышленных отходов, включая размер вероятного вреда при аварии и образовании волны прорыва, характеризуется коэффициентом опасности X , который представляет собой долю (вероятность) от наиболее неблагоприятной обстановки (сочетания показателей опасности) на объекте. При наиболее неблагоприятном сочетании уровней показателей опасности $X = 1$, в остальных случаях коэффициент опасности находится в пределах $0 < X < 1$.

Коэффициент опасности λ рассчитывается по формуле:

$$\lambda = \sum_{i=1}^4 \delta i \cdot a_i \cdot \lambda_0 \quad (23)$$

где δi – коэффициент значимости i -го показателя опасности,

a_i – значение кода i -го показателя опасности,

λ_0 – нормирующий множитель.

Анализ показателей, характеризующих опасность аварии ГТС золоотвала, сведён в таблицу 6.

Таблица 6 – Оценка опасности аварии ГТС золоотвала

Факторы и отличительные признаки, по которым установлена степень опасности	Степень опасности	Код
Опасность превышения природных нагрузок и воздействий (показатель № 1)		
Данные натурных наблюдений за период эксплуатации ГТС – опасное превышение природных воздействий маловероятно	малая	1
Соответствие проектных решений современным нормативным требованиям (показатель № 2)		
Продолжение таблицы 6 Достаточность оснащения КИА, обоснованность в соответствии с современным нормативным требованиям применявшихся расчетных методов; достаточность инженерно-геологических изысканий при проектировании – не в полной мере соответствует установленным требованиям: состояние водомерной рейки не удовлетворяет нормативным требованиям (п. 8.14 ПБ 03-438-02), отсутствие пьезометров и поверхностных марок, предусмотренных проектом на восточном участке ограждающей дамбы (пп. 5.2 и 11.9 ПБ 03-438-02; п.3.1.28 СО 153-34.20.501-2003).	малая	1
Соответствие проекту конструкции и условий эксплуатации (показатель № 3)		

Продолжение таблицы 6

<p>Наличие изменений конструктивных и компоновочных решений, режима эксплуатации: фактические отметки гребня ограждающей дамбы золоотвала составляют 132,96÷134,6 м при проектной 133,0 м; отсутствует предусмотренное проектом крепление гребня и откосов дамбы песчано-гравелистым грунтом; обнаружены следы оползания низового откоса, трещины по гребню дамбы; дренажная система, предусмотренная в теле восточного участка ограждающей дамбы, находится в неработоспособном состоянии.</p>	<p>средняя</p>	<p>2</p>
<p>Возможные последствия аварии (показатель № 4)</p>		
<p>Количество пострадавших людей и людей, у которых будут нарушены условия жизнедеятельности; зона распространения поражающих факторов и возможный размер вероятного вреда – в зоне возможного затопления по любому из рассмотренных сценариев могут оказаться люди из числа жителей г. Юрги и обслуживающего персонала ТЭЦ золоотвала общим количеством не более 5 человек; в зону возможного затопления не попадают какие-либо объекты, принадлежащие физическим лицам из числа населения, а также другие объекты гражданского, промышленного и иного назначения; в случае возможной гидродинамической аварии возможно загрязнение окружающей природной среды (поверхностного водного объекта, земель в зоне возможного затопления), ущерб биоресурсам воды и суши; границы зоны распространения поражающих факторов при любом сценарии аварии не выходят за пределы города (района); макс. размер не более 2-ух млн. руб.</p>	<p>средняя</p>	<p>2</p>

Из таблицы 6 следует, интегральный код показателей опасности аварии ГТС составляет 1122, таким образом, коэффициент опасности $\lambda \approx 0,471$.

3.7 Интегральная оценка уязвимости аварии ГТС

Степень уязвимости ГТС характеризует восприимчивость сооружений к воздействию факторов опасности. Приняты следующие основные показатели уязвимости ГТС, каждый из которых проявляется независимо от других, а степень уязвимости ГТС зависит от их комплексного воздействия:

- состояние сооружения (по данным инструментального контроля и визуальных наблюдений);
- организация безопасной эксплуатации (соблюдение требований нормативных документов);
- готовность объекта к локализации и ликвидации ЧС.

Интегральная количественная оценка уязвимости ГТС характеризуется коэффициентом уязвимости V_y , который также, как и коэффициент опасности X , представляет собой долю (вероятность) от наиболее неблагоприятной обстановки на объекте по сочетанию показателей уязвимости. Принятый за единицу коэффициент уязвимости V_y , соответствует наиболее неблагоприятному сочетанию. Численные значения коэффициента уязвимости V_y , в зависимости от интегрального кода, находятся в интервале $0 < V_y < 1$.

Коэффициент уязвимости V_y рассчитывается по формуле:

$$V_y = \sum_{i=1}^3 \varphi_i \cdot a_i \cdot v_0, \quad (24)$$

где φ_i – коэффициент значимости i -го показателя уязвимости,

a_i – значение кода i -го показателя уязвимости,

v_0 – нормирующий множитель.

Таблица 7 – Интегральная оценка уязвимости ГТС золоотвала

Признаки, на основании которых установлена степень уязвимости	Степень уязвимости	Код
Состояние сооружений (показатель № 1)		
Согласно результатам натурного обследования ГТС золоотвала, анализа эксплуатационной технической документации, имеющейся на предприятии, установлено следующее: геометрические размеры, конструкция дамбы не в полной мере соответствуют проектным решениям. Состояние ГТС золоотвала удовлетворительное	средняя	22

Продолжение таблицы 7

Организация эксплуатации ГТС - соблюдение требований нормативных документов (показатель №2)		
Недоукомплектованность и недостаточный уровень квалификации персонала службы эксплуатации, недостаточный объем и нерегулярность проведения контрольных наблюдений, отступления от требований безопасной эксплуатации в части оформления журналов визуального наблюдения и своевременности выполнения планово-предупредительных ремонтных работ	средняя	22
Готовность к локализации и ликвидации ЧС (показатель № 3)		
Готовность ООО «ЮТЭЦ» к локализации и ликвидации опасных повреждений и аварийных ситуаций на ГТС золоотвала ТЭЦ следует признать обеспеченной. На предприятии разработан и утвержден в установленном порядке План ликвидации аварий на ГТС; имеется достаточное для ликвидации аварии количество людей и техники; состояние подъездов к ГТС обеспечивает возможность проезда транспорта в любое время года; проведено обучение специалистов и рабочих, занимающихся эксплуатацией ГТС, порядку организации проведения работ по ликвидации аварийных ситуаций и личного в них участия, а также тренировки по ПЛА; имеется в наличии резерв строительных материалов и инструментов, необходимых для оперативного предотвращения развития аварии.	малая	11

Из таблицы 7 следует, что интегральный код показателей уязвимости ГТС золоотвала составляет 221, следовательно, $V_y = 0,600$.

3.8 Оценка степени риска аварии ГТС

Степень риска аварии оценена по величине коэффициента риска аварии R_a , который представляет собой долю от риска, который имеет место на ГТС при наиболее неблагоприятном сочетании показателей опасности аварии и уязвимости ГТС.

Коэффициент риска аварии численно равен произведению показателей уязвимости ГТС и опасности аварии: $R_a = V_y \cdot X$.

Таблица 8 – Степень риска аварии ГТС

Ra	Степень риска аварии
менее 0,15	Малая
от 0,15 до 0,30	Умеренная (средняя)
от 0,30 до 0,50	Большая
свыше 0,5	Критическая

Таблица 9 – Оценка степени риска аварии ГТС золоотвала

Интегральный код		Коэффициенты			Степень риска аварии
опасности аварии ГТС	уязвимости ГТС	X	Vy	Ra	
1122	221	0,471	0,600	0,28	Умеренная (средняя)

Таким образом, состояние и уровень эксплуатации ГТС золоотвала ООО «ЮТЭЦ» соответствует умеренной степени риска аварии.

Уровень безопасности ГТС золоотвала ТЭЦ оценивается как пониженный.

3.9 Ликвидация аварии и мероприятия по спасению и эвакуации пострадавших

План ликвидации аварий (ПЛА) ГТС – документ, предназначенный для заблаговременного планирования и осуществления мероприятия по предотвращению и ликвидации последствий аварий на гидротехническом сооружении, разрабатывается на основании ст. 9 Федерального закона от 21.07.1997 № 117-ФЗ «О безопасности гидротехнических сооружений» [35].

План ликвидации аварий ГТС разрабатывается с целью: планирования действий персонала ГТС и специализированных служб на различных уровнях развития ситуаций; определения готовности организации к локализации и ликвидации последствий аварий на ГТС; выявления достаточности принятых мер по предупреждению аварий на объекте; разработки мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий на ГТС; определения

необходимого количества исправных средств связи, технических и материальных средств для осуществления мероприятий по спасению людей и ликвидации аварий.

Планы ликвидации аварий разрабатывается ежегодно с учетом фактического состояния ГТС.

План ликвидации аварий согласовывается с руководителями подразделений, участвующих в ликвидации аварий, и утверждается техническим руководителем организации не позднее 15 дней до начала следующего года. Планы ликвидации аварий ГТС I, II и III класса в том числе подлежат согласованию с территориальными органами Ростехнадзора и территориальными Региональными центрами МЧС России.

План ликвидации аварий ГТС содержит:

- оперативную часть;
- распределение обязанностей между отдельными лицами, участвующими в ликвидации аварии, и порядок их действий;
- список должностных лиц и организаций, которые должны быть немедленно извещены об аварии.

План ликвидации аварий ГТС со всеми приложениями находится у руководителя работ по ликвидации аварий, у должностного лица, ответственного за состояние ГТС, в отделе техники безопасности, а также у технического руководителя организации [36].

В оперативной части ПЛА рассматриваются возможные места и виды аварий на ГТС золоотвала ТЭЦ; предусматриваются необходимые мероприятия по спасению людей и ликвидации опасных повреждений и аварийных ситуаций на ГТС; определяются ответственные лица за выполнение указанных мероприятий; указываются места нахождения средств и материалов для спасения и ликвидации аварии, а также маршруты эвакуации людей и техники.

К оперативной части ПЛА прилагаются: краткая характеристика золошлакоотвала ООО «ЮТЭЦ»; перечень возможных аварий на золоотвале; мероприятия по спасению (эвакуации) людей, застигнутых аварией;

мероприятия по ликвидации аварии в начальной стадии ее развития; места нахождения средств спасения людей и ликвидации аварий; перечень обязательного (минимально необходимого) оборудования, машин, механизмов, материалов и средств спасения и ликвидации; распределение обязанностей между отдельными лицами, участвующими в ликвидации аварии, и порядок их действий; список должностных лиц, ознакомленных с ПЛА; схема эвакуации.

В таблице 10 перечислены возможные аварии на золоотвале ООО «ЮТЭЦ».

Таблица 10 – Перечень возможных аварий на золошлакоотвале

Возможные аварии на ГТС	Места возможного возникновения
Местный прорыв дамбы с растеканием пруда и грязевого потока	Восточный склон ограждающей дамбы
Обрушение дамбы в виде частичного оползня	Восточный склон ограждающей дамбы
Фронтальное разрушение ГТС с растеканием грязевого потока	Низовой откос со стороны восточного участка дамбы
Перелив пруда осветлённой воды с частичным размывом дамбы	Бассейн осветлённой воды у восточной стороны дамбы
Прорыв пульпопровода или водовода	Пульпопровод на всём протяжении трассы

Оповещение персонала о чрезвычайной ситуации на гидротехническом сооружении предусмотрено посредством местной громкоговорящей связи, а также с помощью sireны, в следующей последовательности: начальник смены ТЭЦ передаёт посредством телефонной связи информацию о чрезвычайной ситуации на золоотвал диспетчеру предприятия, который оповещает персонал.

Локальная система оповещения ООО «ЮТЭЦ» не создана, что согласуется с Постановлением Совета Министров – Правительства Российской Федерации от 01.03.1993 № 178 «О создании локальных систем оповещения в районах размещения потенциально опасных объектов» [37] и подтверждено Заключением ГУ МЧС России по Кемеровской области, поскольку последствия возможных гидродинамических аварий на ГТС не создают угрозу жизни и

здоровью людей, находящихся за пределами промплощадки предприятия.

Информирование населения о возникших на ГТС золоотвала ООО «ЮТЭЦ» аварийных ситуациях предусмотрено согласно ПЛА [38] через Управление по делам ГО и ЧС г. Юрги по системам связи и оповещения, куда информация об аварии должна быть представлена начальником смены ТЭЦ в течение 10 минут с момента обнаружения аварии.

Информирование должностных лиц и учреждений, в том числе Сибирского управления Ростехнадзора, ГУ МЧС России Кемеровской области, согласно прилагаемым к ПЛА списку оповещения об аварийной ситуации на ГТС и схеме оповещения, предусмотрено производить техническим директором предприятия (а в его отсутствие – главным инженером ТЭЦ) посредством телефонной связи.

В зоне возникновения аварии может находиться следующий персонал:

- обходчик внешней трассы золоудаления и золоотвала – 1 чел.;
- бригада ремонтного персонала в составе 6 – 10 чел.;
- специалисты Управления капитального строительства (УКС) – 2 чел.;
- специалисты Управления экологического контроля (УЭК) – 2 чел.

В зоне возможного развития аварий, мест проживания населения нет.

Рельеф местности не предполагает мест отдыха населения.

Начальник смены ТЭЦ проводит оповещение персонала ТЭЦ, находящегося на аварийном участке, о возникновении аварии согласно очередности, в течение пяти минут с момента обнаружения. В течение 10 минут начальник смены станции предоставляет информацию об аварии в Управление ГО и ЧС города, ГОВД, ФСБ. (Схема оповещения при аварии на опасном производственном объекте представлена в приложении Б).

Формируется аварийно-спасательная бригада из числа:

- личный состав котельного цеха – 10 человек;
- автомобильно-транспортная служба 9 человек и необходимое количество автотранспортной техники.

Мероприятия по ликвидации аварии, в момент ее начала, следующие:

- оповещение персонала станции, находящегося на аварийном участке, о возникновении аварии, согласно очередности, в течение 5 минут с момента обнаружения;

- перевод котлов на сжигание природного газа, опорожнение пульпопроводов;

- оценка аварийной ситуации на месте возникновения аварии;

- мобилизация и доставка высоко проходимых транспортных средств и инженерной техники (бульдозеров, экскаваторов, крана др.) в район, где произошла авария, в зависимости от ее масштаба. Перечень оборудования, машин, материалов и средств спасения людей приведен в таблице 11.

Таблица 11 – Перечень обязательного (минимально необходимого) оборудования, машин, механизмов, материалов и средств спасения и ликвидации

Оборудование, машины, механизмы, материалы	Количество, ед.	Место расположения
Грузовой автомобиль повышенной проходимости, самосвал	2	Автомобильно-транспортный цех № 70
Бульдозер	1	
Кран	1	
Экскаватор	1	
Автобус пассажирский	1	
Запас строительных материалов для ликвидации аварийных ситуаций		Площадка в районе РБУ ремонтно-строительного цеха
Медицинская аптечка	1	Здание насосной оборотного водоснабжения
Деревянные шесты длиной 5 м	2	Здание насосной оборотного водоснабжения

У лиц, которые участвуют в ликвидации аварии и ее последствий, существуют определённые обязанности. Распределение обязанностей и их порядок приведён в таблице 12.

Таблица 12 – Распределение обязанностей между отдельными лицами, участвующими в ликвидации аварии, и порядок их действий

Должность	Обязанности и порядок действий
Главный инженер ТЭЦ	<ol style="list-style-type: none"> 1. Оповещение персонала ТЭЦ об аварии на ГТС. 2. Перевод котлов на сжигание природного газа. 3. Разведка места аварии и оценка обстановки. 4. Комплектование оперативно – спасательной бригады 5. Организация аварийно – спасательной бригады. 6. Привлечение дополнительных средств и сил в район аварии. 7. Руководство аварийно-спасательных других неотложных работ по локализации и ликвидации аварии. 8. Привлечение специалистов УЭК, УКС, для ликвидации последствий аварии. 9. Доклад о выполнении АСДНР и ликвидации аварии.
Начальник котельного цеха	<ol style="list-style-type: none"> 1. Оповещение персонала котельного цеха об аварии на ГТС. 2. Перевод котлов на сжигание природного газа. 3. Разведка места аварии и оценка обстановки выставление постов охраны опасной зоны. 4. Экстренное выявление количества лиц, застигнутых аварией, и их эвакуация в безопасный район. 5. Комплектование оперативно – спасательной бригады. 6. Поиск и эвакуация пострадавших.
Начальник ТЭЦ	<ol style="list-style-type: none"> 1. Оповещение руководства предприятия и персонала ТЭЦ. 2. Доукомплектование и сбор аварийно-спасательной бригады, привлечение специалистов УКС, УЭК. 3. Доклад о выполнении АСДНР и ликвидации аварии
Начальник смены станции	<ol style="list-style-type: none"> 1. Оповещение машиниста – обходчика ГЗУ и ремонтной бригады, через них (возможно) находящихся на ГТС специалистов УКС и УЭК
Технический директор	<ol style="list-style-type: none"> 1. Информирование гос. органов по списку оповещения об аварии и принятых мерах

3.10 Оперативная часть плана ликвидации аварий

Местный прорыв дамбы с растеканием пруда и грязевого потока.

Мероприятия по спасении людей и ликвидации аварии:

- перевод котлов на сжигание природного газа, при невозможности произвести остановку котлов;

- оповещение машиниста – обходчика ГЗУ и ремонтной бригады, через них (возможно) находящихся на ГТС других специалистов;

- разведка места аварии, оценка обстановки;

- объявление района растекания опасной зоной;

- выставление постов охраны опасной зоны;

- оповещение руководства предприятия, персонала ТЭЦ о возникновении аварии;

- экстренное выявление количества лиц, застигнутых аварией, их эвакуация в безопасный район с помощью автотранспортной техники и оказание необходимой помощи пострадавшим;

- комплектование оперативно-спасательной бригады;

- поиск пострадавших и эвакуация от ГТС на безопасное расстояние;

- доукомплектование и сбор аварийно-спасательной бригады, привлечение специалистов УКС, информирование государственных органов, по списку оповещения, об аварии и принятых мерах;

- выполнение аварийно-спасательных и других неотложных работ (АСДНР) по локализации и ликвидации аварии [39];

- привлечение при необходимости дополнительных сил и средств в район аварии и специалистов УЭК для определения ущерба природе;

- доклад о выполнении АСДНР и ликвидации аварии.

Маршруты эвакуации людей и движения техники: эвакуация проводится пешим ходом и автотранспортной техникой по автодороге или другими возможными путями. Помощь пострадавшим оказывается оперативно-спасательной бригадой и при необходимости бригадой «Скорой помощи». Выдвижение сил и средств в район аварии, развёртывание передвижного командного пункта и сборного пункта.

Гидродинамическая авария на ГТС золоотвала ООО «ЮТЭЦ» по рассмотренному сценарию возможной аварии приведёт к образованию потока,

потенциальной энергии которого будет достаточно для размыва почвы, при этом будет оказано вредное воздействие на окружающую среду за счет загрязнения водного объекта.

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

4.1 Расчет затрат на локализацию аварии и ликвидацию ее последствий

Таблица 13 – Основные показатели, составляющие затраты на ликвидацию ЧС на ООО «ЮТЭЦ»

Основные показатели, составляющие затраты на ликвидацию ЧС
затраты на питание ликвидаторов аварии
затраты на оплату труда ликвидаторов аварии
затраты на топливо и горюче-смазочные материалы
затраты на амортизацию используемого оборудования и технических средств
затраты на организацию стационарного и амбулаторного лечения пострадавших
ущерб земельным ресурсам
показатели воздействия волны прорыва на здания и сооружения
показатели силового воздействия волны прорыва на человека
показатели последствий аварии по воздействию на окружающую природную среду

Затраты на питание рассчитывают, исходя из суточных норм обеспечения питанием спасателей в соответствии с «Методическими рекомендациями по первоочередному обеспечению пострадавших и участников АСДНР» [39], в соответствии с режимом проведения работ:

$$З_{\text{псут}} = \sum (З_{\text{псут}i} \cdot Ч_i), \text{ руб} \quad (25)$$

где $З_{\text{псут}}$ – затраты на питание личного состава формирований в сутки;

$З_{\text{псут}i}$ – суточная норма обеспечения питанием, руб/(сут. на чел.);

I – число групп спасателей, проводящих работы различной степени тяжести;

$Ч_i$ – численность личного состава формирований, проводящих работы по ликвидации последствий ЧС.

Общие затраты на питание составят:

$$З_{\text{п}} = (З_{\text{псут.спас}} \cdot Ч_{\text{спас}} + З_{\text{псут.др.ликв}}) \cdot \text{Дн}, \text{ руб} \quad (26)$$

где Дн – продолжительность ликвидации аварии, дней, в данном случае 3 дня.

К работе в зоне ЧС привлекаются 23 человека (в соответствии с планом ликвидации аварии), из них 15 человек выполняют тяжелую работу, а остальные 8 человек – работу средней и легкой тяжести.

Таблица 14 – Затраты на питание личного состава формирований, выполняющих работы различной степени тяжести

Наименование продукта	Работы средней тяжести		Тяжёлые работы	
	Суточная норма, г/(чел.сут.)	Суточная норма, руб/(чел.сут.)	Суточная норма, г/(чел.сут.)	Суточная норма, руб/(чел.сут.)
Хлеб белый	400	16	600	26
Молоко и молочные продукты	300	9	500	15
Мясо	80	20	100	25
Рыба	40	6	60	9
Жиры	40	2,8	50	3,5
Крупа разная	80	3,2	100	4
Макаронные изделия	20	0,5	30	0,75
Сахар	60	2,6	70	3
Картофель	400	8	500	10
Овощи	150	7,5	180	9
Соль	25	0,35	30	0,42
Чай	1,5	1,6	2	2
Итого	-	77,55	-	107,67

Подставляем числовые значения:

$$Зп = (107,67 \cdot 20 + 77,55 \cdot 15) \cdot 3 = 9950 \text{ руб.}$$

Общие затраты на обеспечение питанием спасательных формирований составят 9950 рублей.

Расчет затрат на оплату труда проводят дифференцированно для каждой из групп участников ликвидации последствий ЧС в зависимости от величины их заработной платы и количества отработанных дней.

Расчет суточной заработной платы участников ликвидации ЧС проводят по формуле:

$$\text{ФЗПсут} = (\text{мес.оклад}/30) \cdot 1,15 \cdot \text{Ксут} \cdot \text{Ч}_i, \text{ руб} \quad (27)$$

где Ч_k – количество участников ликвидации ЧС;

Ксут – количество суток, которое необходимо для ликвидации аварии.

Время ликвидации аварии составляет одни сутки для пожарных подразделений и трое суток для всех остальных формирований.

Таким образом, суммарные затраты на оплату труда всем группам участникам ликвидации последствий ЧС составят:

$$\text{ФЗП} = \sum \text{ФЗП}_i = 18750 + 23000 + 30360 + 8050 + 5865 = 86025 \quad (28)$$

Таблица 15 – Затраты на оплату труда участников ликвидации последствий ЧС

Наименование групп участников ликвидации	Заработная плата, руб./месяц	Численность, чел.	ФЗПсут, руб./чел	ФЗП за период проведения работ для Ч_k -ой группы, руб
Отряд механизированной группы	25000	5	1250	18750
Отряд ручной разборки	20000	10	770	23000
Медицинская служба	14000	5	537	8050
Водители, осуществляющие эвакуацию	17000	3	652	5865
ИТОГО				55665

В результате проведенных расчетов получим, что фонд заработной платы на оплату труда личного состава формирований РСЧС при проведении работ по ликвидации ЧС на территории ООО «ЮТЭЦ» с учетом периода проведения работ составит 55665 рублей.

Затраты на горючие и смазочные материалы определяется по формуле:

$$Z_{ГСМ} = V_{\text{бенз}} \cdot C_{\text{бенз}} + V_{\text{диз.т.}} \cdot C_{\text{диз.т.}} + V_{\text{мот.м.}} \cdot C_{\text{мот.м.}} + V_{\text{транс.м.}} \cdot C_{\text{транс.м.}} + V_{\text{спец.м.}} \cdot C_{\text{спец.м.}} + V_{\text{пласт.см.}} \cdot C_{\text{пласт.м.}}, \text{ руб} \quad (29)$$

где – $V_{\text{бенз}}$, $V_{\text{диз. т.}}$, $V_{\text{мот.м.}}$, $V_{\text{транс. м.}}$, $V_{\text{спец. м.}}$, $V_{\text{пласт. см.}}$ – количество использованного бензина, дизельного топлива, моторного масла, трансмиссионного масла, специальных масел, пластичных смазок соответственно, л;

$C_{\text{бенз}}$, $C_{\text{диз. т.}}$, $C_{\text{мот. м.}}$, $C_{\text{транс. м.}}$, $C_{\text{спец. м.}}$, $C_{\text{пласт. м.}}$ – стоимость бензина, дизельного топлива, моторного масла, трансмиссионного масла, специальных масел, пластичных смазок соответственно, л/руб.

Таблица 16 – Цены на топливо и горюче-смазочные материалы:

Название топлива, горюче смазочного материала	Цена (за 1 литр), руб
Бензин	44
Дизельное топливо	52
Моторное масло	350
Трансмиссионное масло	300
Специальное масло	110
Пластичные смазки	140

В таблице 17 приведен перечень транспортных средств, используемых при ведении АСДНР на территории ООО «ЮТЭЦ» и нормы расхода горюче-смазочных материалов приведенной техники [40].

Таблица 17 – Техника и нормы расхода горюче-смазочных материалов

Тип автомобиля	Кол-во	Расход бензина, л	Расход дизельного топлива, л	Расход моторного/транс-го/спец-го масел, л	Расход смазки, кг
Автомобиль высокой проходимости	1	18	-	2,2/0,3/0,1	0,2
Автомобиль скорой мед. помощи	1	17	-	2,1/0,3/0,1	0,25
Самосвал	2	56	-	4,3/0,5/1,0	0,3
Автокран	1	40,1	-	2,1/0,3/0,1	0,25

Продолжение таблицы 17

Автопогрузчик	1	92	-	2,2/0,3/0,1	0,2
Бульдозер	1	-	72	2,2/0,25/0,1	0,25
Экскаватор	1	-	75	2,8/0,4/0,1	0,3
Автобус	1	16	-	2,7/0,3/0,1	0,3
ИТОГО	9	239	147	20/2,65/1,7	2,05

Общие затраты на ГСМ по формуле (29) составят:

$$Z_{гсм} = 239 \cdot 44 + 147 \cdot 52 + 20 \cdot 350 + 2,65 \cdot 300 + 1,7 \cdot 110 + 2,05 \cdot 140 = 26429 \text{ руб}$$

На обеспечение техники горюче-смазочными материалами потребуется 26429 рублей.

Величина амортизации используемого оборудования, технических средств определяется, исходя из их стоимости, нормы амортизации и количества дней, в течение которых это оборудование используется, по следующей формуле:

$$A = [(N_a \cdot C_{ст}/100)/360] \cdot D_{дн} \quad (30)$$

где N_a – годовая норма амортизации данного вида, %;

$C_{ст}$ – стоимость ОПФ, руб.;

$D_{дн}$ – количество отработанных дней.

Таблица 18 – Величина амортизационных отчислений для используемой техники

Наименование использованной техники	Стоимость, руб.	Кол-во, ед.	Кол-во отработанных дней	Годовая норма амортизации, %	Аморт. Отчисления, руб
Автомобиль высокой проходимости	7000000	1	3	10	5833
Автомобиль скорой мед. помощи	290000	1	3	10	242
Самосвал	2140000	2	3	10	3566
Автокран	2740000	1	3	10	2283
Автопогрузчик	850000	1	3	10	708
Бульдозер	1100000	1	3	10	917
Экскаватор	1850000	1	3	10	1542
Автобус	1200000	1	3	10	1000
ИТОГО					16091

Затраты за использование оборудования и технических средств, необходимых для локализации и ликвидации ЧС на золоотвале ООО «ЮТЭЦ» составляют 16091 рублей.

В результате возникновения ЧС на ООО «ЮТЭЦ» величина санитарных потерь составляет 15 человек.

Суммарные затраты на лечение пострадавших [41] складываются из затрат на реанимационное, стационарное и амбулаторное лечение, исходя из стоимости одного койко-дня и продолжительности лечения и рассчитываются по следующей формуле:

$$Зл = \sum_{Ск.-д. i} Дн, \text{ руб} \quad (31)$$

где $Ск.-д. i$ – стоимость одного койко-дня при соответствующем виде лечения, руб;

$Дн$ – продолжительность лечения, дней.

Расчет затрат на пребывание пострадавших на амбулаторном лечении проводят по формуле:

$$З^a_{л} = С_{к.-д..a} \cdot Дн \cdot Ч_a, \text{ руб} \quad (32)$$

где $Ч_a$ – численность пострадавших, проходящих амбулаторное лечение в стационаре.

Подставляем числа:

$$З^a_{л} = 520 \cdot 3 \cdot 10 = 15600 \text{ рублей}$$

Расчет затрат на пребывание пострадавших в терапевтическом отделении проводят по формуле (таблица 19):

$$З^т_{л} = С_{к.-д..т} \cdot Дн \cdot Ч_т, \text{ руб} \quad (33)$$

где $Ч_т$ – численность пострадавших, проходящих лечение в терапевтическом отделении.

Подставляем числовые значения:

$$З^т_{л} = 710 \cdot 21 \cdot 5 = 74550 \text{ рублей}$$

Суммарные затраты на лечение пострадавшего при ЧС персонала предприятия составляют 90150 рублей.

Общие затраты на лечение указаны в таблице 19.

Таблица 19 – Затраты на лечение пострадавших

Вид лечения	Стоимость одного койко-дня, руб.	Средняя продолжительность лечения, дней	Численность пострадавших, чел.	Суммарные затраты, руб.
Амбулаторное	520	3	10	15600
Терапевтическое	710	21	5	74550
ИТОГО				90150

4.2 Ущерб земельным ресурсам

Реальный ущерб – утрата или повреждение имущества в части стоимостного выражения полной или частичной потери основных и оборотных производственных фондов, готовой продукции предприятий, жилищного и коммунального хозяйства, затрат на поддержание инфраструктуры, утраты плодородия почв и гибели сельхозпродукции, ущербов лесному и рыбному хозяйствам и т.п.

Экологический ущерб – ущерб, связанный с ухудшением свойств лесных земель, загрязнением реки при авариях на очистных сооружениях и т.п.

Ущерб, нанесённый почвам из-за несанкционированного размещения на территории зоны возможного затопления золы и шлама, а также грунта из тела основной дамбы, определён согласно «Методике расчёта зон затопления РД 09- 391-00» [32] по формуле:

$$V_{\text{отх}} = \sum_{i=1}^n M_i \cdot N_{\text{п отх}} \cdot K \cdot L \cdot 1,2 \cdot 3\phi, \text{руб} \quad (34)$$

где M_i – масса «размещаемых» отходов производства и потребления i -го класса опасности ($M_i=365,3$ т);

$N_{\text{п отх}}$ – норматив платы за размещение отходов производства и потребления в зависимости от класса опасности ($N_{\text{п отх}}=10$ руб/т);

K – коэффициент индексации нормативов платы за негативное воздействие на окружающую среду ($K=1,21$);

L – коэффициент, учитывающий удалённость места размещения отходов производства и потребления i -го класса опасности от населённых пунктов (при

размещении отходов в границах городов, населённых пунктах, рекреационных зон и водоохраных территорий ($L=5$);

1,2 – коэффициент, учитывающий экологические факторы состояния почвы по Западно-Сибирскому экономическому району Российской Федерации;

ЗФ – затраты на транспортировку и размещение отходов, руб; этот вид затрат принят из расчёта 450 руб./т.

Таблица 20 – Результаты расчёта ущерба земельным ресурсам

M_i , т	$Н_{\text{Отх}}$,руб./т.	K	L	$ЗФ$, руб./т.	$В_{\text{Отх}}$,руб.
365,3	10	1,21	5	450	20934

Ущерб земельным ресурсам составит 20 934 рубля.

4.3 Показатели воздействия волны прорыва на человека и окружающую среду

Чрезвычайная ситуация, связанная с гидродинамической аварией на ООО «ЮТЭЦ» влечёт ущерб здоровью и жизни людей, окружающей природной среде, потери материальных ценностей, затраты на аварийно-спасательные и восстановительные работы [42].

Экономический ущерб от аварии: затраты на локализацию и ликвидацию последствий аварии + возмещение ущерба пострадавшим людям и экономике предприятия.

Показатель силового воздействия волны прорыва на человека Z_N определяется в зависимости от количества людей, которые постоянно (N_1) или временно (N_2) могут находиться в зоне воздействия волны прорыва, значения параметров которой равны или превышают критические значения для жизни и здоровья человека:

$$Z_N = N_1 + N_2 + P_{\text{ч}^B}, \text{ чел} \quad (35)$$

где $P_{\text{ч}^B}$ – вероятность пребывания человека в зоне силового воздействия волны прорыва в течении суток; принято рекомендованное РД 09-391-00 для сценариев наиболее тяжёлых аварий значение $P_{\text{ч}^B} = 1$.

В зоне возможного затопления днём могут оказаться люди из числа жителей г. Юрги и обслуживающего золоотвал персонала (в период ремонтных работ) общим количеством не более 18 человек:

- обходчик внешней трассы золоудаления и золоотвала – 1 чел.;
- бригада ремонтного персонала в составе 10-13 чел.;
- специалисты Управления капитального строительства – 2 чел.;
- специалисты Управления экологического контроля – 2 чел.

Оценка возможных потерь (таблица 21) произведена с учётом нормированных процентных соотношений, приведённых в таблице РД 09- 391- 00 [32], от численности людей, которые попадают в различные зоны

Таблица 21 – Оценка возможных потерь

Зона	Кол-во людей в зоне воздействия		Общие потери, Z _N (чел)				Из общего числа потерь							
			днём		ночью		Безвозвратные (Z _{п1})				Возвратные (Z _{п2})			
	Д	Н	%	ч	%	ч	Д		Н		Д		Н	
							%	ч	%	ч	%	ч	%	ч
Сценарий 1														
Сильного воздействия	18	0	13	3	25	0	10	0	20	0	90	3	80	0

Показатель силового воздействия волны прорыва на здания и сооружения Z_c определяется в зависимости от прочностных характеристик зданий и сооружений и параметров волны прорыва. Этот показатель равен количеству зданий и сооружений, которые могут быть подвергнуты повреждению или разрушению:

$$Z_c = \sum_{i=1}^n \varphi c(i) / \varphi \text{lim}(i) \quad (36)$$

где $\varphi c(i)$ – значение параметра гидродинамической волны прорыва;

$\varphi \text{lim}(i)$ – предельное значение параметра волны прорыва для данного вида i – го здания или сооружения (для различных степеней разрушения зданий устанавливаются свои предельные значения параметра волны прорыва);

n – количество зданий и сооружений, оказавшихся в зоне затопления.

Если $\varphi_c(i) \geq \varphi_{lim}(i)$, то $\varphi_c(i)/\varphi_{lim}(i) = 1$. В противном случае $\varphi_c(i)/\varphi_{lim}(i) = 0$.

При определении показателей силового воздействия волны прорыва ZC на здания и сооружения выделяются показатели сильных (ZC₁), средних (ZC₂), и слабых (ZC₃) разрушений.

Так как в рассмотренном случае в зоне возможного затопления отсутствуют какие-либо объекты физических и юридических лиц, то ZC=0.

Показатели последствий аварий по воздействию на поверхностный водный объект определены по формуле (37); суммарный показатель последствий для веществ, для которых $Z_i^B > 1$, рассчитан по формуле (38):

$$Z_i^B = C_i^B / C_{пдс}(i) \quad (37)$$

$$Z_{\Pi}^B = \sum_{i=0}^k Z_i^B \quad (38)$$

где C_i^B – концентрация i-го загрязняющего вещества, содержащегося в водном объекте, мг/л;

$C_{пдс}(i)$ – предельно допустимый сброс i-го загрязняющего вещества;

k – количество суммируемых вредных веществ.

Для проточного водоёма содержание вредного вещества в воде C_i^B , мг/л, составит:

$$C_i^B = Q_{\max} \cdot C_i + Q_{\Pi} \cdot C_{ф}^B / (Q_{\max} + Q_{\Pi}) \quad (39)$$

где Q_{\max} – максимальный расход излившегося потока, м³/сут.;

Q_{Π} – расход проточного водоёма, м³/сут.

Результаты расчёта параметров и показателей загрязнения поверхностных водных объектов приведены в таблице 22.

Таким образом, по таблице 22 видно, что суммарный показатель последствий для веществ равен: $Z_{\Pi}^B = \sum Z_i \approx 9,5$.

Анализ расчётов показывает, что в случае возникновения аварии на ГТС золоотвала ООО «ЮТЭЦ» поверхностные водные объекты будут загрязнены (руч. Берёзовый лог, р. Юргинка, р. Томь).

Таблица 22 – Расчёт параметров и показателей загрязнения реки в случае развития аварии

Показатели	Значения показателей				
	C_i , мг/л	C_{fi} , мг/л	$C_{пдкi}$, мг/л	Сценарий № 1	
				C_i^B мг/л	Z_i^B
Азот аммонийный	0,09	0,31	1,5	0,0903	0,0602
Нитраты	1,99	2,36	45	1,9905	0,0442
Нитриты	0	0	3,3	0	0
Взвешенные вещества	26,5	0	6,667	26,4622	3,9691
Железо	0,72	0	0,3	0,7189	2,3966
ХПК	29,991	43,83	30	30,0108	1,0004
Медь	0	0	-	0	-
Нефтепродукты	0,7	0,5	0,3	0,6997	2,1323
Никель	0	0	0,02	0	0
СПАВ	0,05	0,04	-	0,0499	-
Сульфаты	0	0	500	0	0
Фенолы	0	0	0,001	0	0
Фосфаты	0,19	0,16	3,5	0,1899	0,0543
Хлориды	33,24	90,84	350	33,322	0,0952
Хром	0	0	-	0	-

Поток, излившийся из золоотвала, спустя немного времени, попадёт в поверхностный водный объект. Суммарный показатель последствий аварии на грунтовые воды равен нулю по всем рассмотренным сценариям гидродинамической аварии: $Z_{ПГВ} = 0$.

Будет нанесён ущерб почвам из-за несанкционированного «размещения» на территории зоны возможного затопления золы и шлама, а также грунта, вымытого из тела основной дамбы. Кроме того, при движении потока по реке Юргинка будут подвержены размыву берега и дно русла.

Площади земель в зоне возможного затопления по сценарию гидродинамической аварии составляет:

$$F_{зат} = 75,3 \text{ тыс. м}^2$$

Объём профильтровавшейся с поверхности почвы жидкости, V_{Φ} определяют по формуле:

$$V_{\Phi} = K_{\Phi} \cdot J \cdot F_{\Phi} \cdot T_{\Phi}, \text{ м}^2 \quad (40)$$

где K_{Φ} – коэффициент фильтрации почвенного слоя, м/сутки, определяют по данным изысканий;

J – градиент инфильтрационного потока;

F_{Φ} – площадь фильтрации, м^2 ;

F_3 – площадь затопления при максимальных значениях параметров волны от хранилища до водной преграды (реки, озёра, водоотводящего канала), м^2 ;

T_{Φ} – время фильтрации жидкости, сутки.

Значение V_{Φ} не должно превышать общего объёма $V_{\text{МАХ}}$ вытекшей из хранилища жидкости.

Для каждого i -го вредного вещества, содержащегося в жидких отходах, вычисляют концентрацию вредного вещества в почве $C_i^{\text{П}}$ на площади F_{Φ} :

$$C_i^{\text{П}} = C_i \cdot V_{\Phi} / F_{\Phi} \cdot M_{\text{П}} \cdot \rho_{\text{д}}^{\text{П}} + C_{\Phi}^{\text{П}i}, \text{ мг/кг} \quad (41)$$

где C_i – концентрация i -го вредного вещества в жидких отходах, мг/л;

$M_{\text{П}}$ – мощность почвенного слоя, м;

$\rho_{\text{д}}^{\text{П}}$ – плотность сухого грунтово-почвенного слоя, т/м^3 ;

$C_{\Phi}^{\text{П}i}$ – фоновая концентрация i -го вредного вещества в почве, мг/кг.

Параметры $M_{\text{П}}$ и $\rho_{\text{д}}^{\text{П}}$ определяют по данным изысканий. При отсутствии конкретных исходных данных ориентировочных оценок использованы следующие значения параметров: $M_{\text{П}} = 0,5 \div 1,0$ м; $\rho_{\text{д}}^{\text{П}} = 1,4 \div 1,6$ т/м^3 ; $C_{\Phi}^{\text{П}i} = 0$.

Полученную концентрацию $C_i^{\text{П}}$ сравнивают с ПДК данного вещества в почве, затем рассчитывают суммарный показатель последствий.

Расчёт параметров и показателей загрязнения почвы в случае возникновения рассматриваемых сценариев развития аварии на ГТС золоотвала «ЮТЭЦ» веществами, содержащимися в воде, излившейся из накопителя, приведён в таблице 23.

Таблица 23 – Расчёт параметров и показателей загрязнения почвы

Наименование загрязняющего вещества	Ci, мг/л	Vф, тыс/м ³	Fф, тыс.м ²	Mп, м	Pd ^П , м/м ³	Cф ^{Пi} , мг/кг	Ci ^П , мг/кг	ПДК ^{iП} мг/кг	Zi ^П
Азот аммонийный	0,09	48,6	52,6	0,5	1,5	0	0,1109	-	-
Нитраты	1,99	48,6	52,6	0,5	1,5	0	2,4516	130	0,0189
Нитриты	0	48,6	52,6	0,5	1,5	0	0	-	-
Железо	0,72	48,6	52,6	0,5	1,5	0	0,8869	-	-
Медь	0	48,6	52,6	0,5	1,5	0	0	3	0
Нефтепродукты	0,7	48,6	52,6	0,5	1,5	0	0,6893	0,1	6,893
Никель	0	48,6	52,6	0,5	1,5	0	0	4	0
Сульфаты	0	48,6	52,6	0,5	1,5	0	0	-	-
Фенолы	0	48,6	52,6	0,5	1,5	0	0	-	-
Фосфаты	0,19	48,6	52,6	0,5	1,5	0	0,234	-	-
Хлориды	33,24	48,6	52,6	0,5	1,5	0	40,9497	-	-
Цинк	0	48,6	52,6	0,5	1,5	0	0	23	0
ZПП = Σ ZiП=6,9									

Суммарный показатель последствий аварии по воздействию на почвы при возникновении аварии принимаем $Z_{П}^П = 2$.

Расчёты, приведённые в таблице 23, показывают, что в случае возникновения рассматриваемой аварии на ГТС золоотвала ООО «ЮТЭЦ» почвы территории в пределах зоны возможного затопления будут загрязнены нефтепродуктами, содержащимися в воде, излившейся из накопителя.

4.4 Размер вероятного вреда. Результаты проведённых расчётов в данном разделе

По приведенным расчетам экономический ущерб от чрезвычайной ситуации составляет:

$$U_{\text{общ}} = 86025 + 9950 + 26429 + 16091 + 90150 + 20934 = 249579 \text{ руб.}$$

Таблица 24 – Результаты проведённых расчётов из раздела 4

Вид затрат	Суммарные затраты, руб.
Затраты на оплату труда	86025
Затраты на питание	9950
Затраты на ГСМ	26429
Затраты на амортизацию тех. средств	16091
Затраты на лечение пострадавших	90150
Ущерб земельным ресурсам	20934
ИТОГО	249579

Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод о том, что аварии на топливно-энергетических предприятиях приводят к значительным затратам при восстановлении производства и влекут за собой большой материальный ущерб, а также ведут к серьёзным экологическим последствиям. Фактические потери для народного хозяйства значительно превышают, определенный таким образом, ущерб, так как в него не включены убытки от простоя предприятия и стоимость проектно-восстановительных работ.

5 Социальная ответственность

5.1 Описание рабочего места обходчика трассы насосной станции

Объектом исследования данного проекта является рабочее место обходчика трассы на насосной станции оборотного водоснабжения гидротехнического сооружения золоотвала ООО «ЮТЭЦ». Площадь помещения $S = 192 \text{ м}^2$, ширина $B = 8 \text{ м}$, длина $A = 24 \text{ м}$ и высота $H = 4 \text{ м}$. Станция выполнена из сборных железобетонных конструкций с полуподземной частью, оборудована насосами Д-500/65 (производительность $500 \text{ м}^3/\text{ч}$; напор 65 м) – 3 шт., автоматизирована. Полы бетонные с упрочненным верхним слоем, имеются алюминиевые радиаторы отопления и защитная камера, оборудованная системой освещения, а также вытяжной вентиляцией.

Согласно результатам специальной оценки условий труда, на рабочем месте обходчика трассы установлен 3.1 класс условий труда. Классификация опасных и вредных факторов перечислена в ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [44].

Вредные факторы, которые имеют место на рабочем месте обходчика трассы:

- микроклимат;
- воздействие шума и вибрации;
- недостаточная освещённость;

Опасные факторы, которые имеют место на рабочем месте обходчика трассы:

- воздействие электрического тока;
- пожар.

5.2 Выявленные вредные факторы и их характеристика

5.2.1 Микроклимат

Трудоспособность напрямую зависит от состояния здоровья, а его определяют условия, в которых живёт и работает человек. Если он находится в условиях повышенной или пониженной температуры воздуха, это вредит организму, поскольку происходит его перегрев или переохлаждение. Высокая температура воздушных потоков внутри помещения противоречит достаточному насыщению организма кислородом, а это приводит к ослаблению концентрации, памяти, речи, координации, мышления. Пребывание в условиях низкой температуры воздуха приводит к переохлаждению. Это состояние опасно развитием инфекционно-воспалительных болезней, снижением защитных свойств организма. При регулярном переохлаждении, прежде всего, страдают суставы и почки, что при отсутствии лечения принимает хроническую форму. Влечёт наступление инвалидности. Категория работ на насосной станции относится к лёгкой – 1б (работы, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением) согласно ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования [45]. Оптимальная величина температуры воздуха на насосной станции $t^{\circ} = 22-24^{\circ}\text{C}$, влажность 40-60 %, скорость движения не более 0,1 м/с.

Для обеспечения микроклимата в холодный период времени участок насосной станции отапливается. Система отопления обеспечивает равномерный нагрев воздуха в помещении, возможность местного регулирования и выключения, удобство эксплуатации, а также доступ для ремонта. Входные двери имеют исправные механические приспособления для принудительного закрывания. Для работающего персонала обеспечена защита от возможного переохлаждения: предусмотрено помещение для отдыха и обогрева, выдаётся спецодежда и другие средства индивидуальной защиты, есть регламентация времени работ.

5.2.2 Шум

Шум при работе возникает вследствие работы техники, при работе вентиляционной системы. Основным нормативным документом по защите от шума является ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ «Шум. Общие требования безопасности» [46]. В первую очередь влияние шума сказывается на структурах головного мозга, что вызывает неблагоприятные изменения в функциях различных органов и систем [47]. Действие шума можно разделить на специфическое и неспецифическое. Специфическое действие шума проявляется в изменениях, которые наступают в слуховом анализаторе, а неспецифическое – в изменениях, возникающих в других органах и системах человека [48]. На рассматриваемой насосной станции отмечается высокий уровень шума. Источниками интенсивного шума, уровень которого может достигать 95-117 дБ, являются электродвигатели насосов и агрегаты золошлакоудаления. К мерам индивидуальной защиты от шума относится применение антифонов. Большое значение имеет рациональная организация режима труда и отдыха, проведение отдыха в малозагруженных помещениях.

5.2.3 Вибрация

Параметры вибрации нормирует ГОСТ 12.1.012-2004 ССБТ. «Вибрационная безопасность. Общие требования.» [49]. Вибрация оказывает опасное действие на отдельные органы тела и организм человека в целом, нарушая нормальное функционирование нервной системы и органов, связанных с обменом веществ. Вибрация может вызывать нарушения деятельности сердечно-сосудистой и дыхательных систем, заболевания рук и суставов. Особенно опасны вибрации с большой амплитудой, которые оказывают в основном неблагоприятное действие на костно-суставный аппарат.

В местах распространения вибрацию снижают, используя дополнительные устройства, встраиваемые в конструкцию машины (виброизоляционные, виброгасящие), а также используют антифазную синхронизацию нескольких источников возбуждения. Имеются средства

индивидуальной виброзащиты (СИЗ) по месту контакта оператора с вибрирующим объектом подразделяются на: СИЗ для рук оператора – рукавицы, перчатки, вкладыши, прокладки; СИЗ для ног оператора – специальная обувь, подметки, наколенники; СИЗ для тела оператора – нагрудники, пояса, специальные костюмы.

5.2.4 Освещённость

Организация рационального освещения рабочего места является одним из основных вопросов охраны труда. При неудовлетворительном освещении зрительная способность снижается, и могут появляться близорукость, резь в глазах, катаракта, головные боли. Освещение должно быть достаточным для безопасности выполняемых работ [50]. На участке присутствует комбинированное освещение люминесцентными лампами и лампами накаливания. Нормы искусственной освещенности регламентируются согласно СП 52.13330.2016. «Естественное и искусственное освещение» [51].

Питание сети рабочего освещения предусматривается от осветительного щитка типа ЩОА-9, установленного у двери. Управление освещением производится выключателями со щитка освещения. Светильники с люминесцентными лампами пылеводозащищенными типа ЛСП 42-2×40 Воспользуемся методом коэффициента использования светового потока. Высота подвеса H_c светильника над рабочей поверхностью рассчитывается по формуле:

$$H_c = H - h_c - h_p, \text{ м} \quad (42)$$

где h_c – расстояние от потолка до нижней кромки светильника, равно 0,1 м;

h_p – высота рабочей поверхности от пола, равна 0,8 м.

Подставляем числовые значения в формулу:

$$H_c = 4 - 0,1 - 0,8 = 3,1 \text{ м}$$

Расстояние между светильниками рассчитывается по формуле:

$$L = H_c \cdot m, \text{ м} \quad (43)$$

где m – коэффициент выгодного светотехнического значения для выбранного типа светильника ($m = L / H_c$), равен 1,1 [52].

Подставляем значение в формулу:

$$L = 3,1 \cdot 1,1 = 3,4 \text{ м}$$

Расстояние светильников от стен при наличии проходов у стен рассчитываем по формуле:

$$L1 = L/2, \text{ м} \quad (44)$$

$$L1 = 3,4/2 = 1,7 \text{ м}$$

Количество светильников в одном ряду по длине рассчитываем по формуле:

$$N_{д} = \frac{B - H_c}{H_c} + 1, \text{ шт} \quad (45)$$

$$N_{д} = \frac{24 - 3,1}{3,1} + 1 \approx 8 \text{ шт}$$

Количество светильников в одном ряду по ширине рассчитываем по формуле:

$$N_{ш} = \frac{A - H_c}{H_c} + 1, \text{ шт} \quad (46)$$

$$N_{ш} = \frac{8 - 3,1}{3,1} + 1 \approx 3 \text{ шт}$$

Общее количество светильников рассчитывается по формуле:

$$N = N_{дл} \cdot N_{ш}, \text{ шт} \quad (47)$$

$$N = 8 \cdot 3 = 24 \text{ шт}$$

Световой поток одного источника света насосной станции рассчитывается по формуле:

$$\Phi = \frac{E_n \cdot Z \cdot S_n \cdot K}{N \cdot \eta}, \text{ лм} \quad (48)$$

где E_n – нормированная освещённость $E_n = 200$ лк [51];

S_n – площадь помещения, м^2 ;

Z – коэффициент неравномерности освещения равен отношению средней освещённости к минимальной (для люминесцентных ламп выбирается равным 1,1);

K – коэффициент запаса, учитывающий уменьшение светового потока лампы, в результате загрязнения светильников в процессе эксплуатации (для помещения с малым выделением пыли, дыма и копоти принимаем коэффициент $k = 1,5$);

η – коэффициент использования, излучаемого светильниками светового потока на расчётной плоскости, определяют η по справочным данным в зависимости от типа светильника, коэффициента отражения пола, стен, индекса помещения.

Вычислим индекс помещения по формуле:

$$i = \frac{A \cdot B}{Hc \cdot (A+B)} \quad (49)$$

$$i = \frac{8 \cdot 24}{3,4 \cdot (8+24)} = 2$$

Зная индекс помещения, определяем коэффициент использования светового потока $\eta = 0,6$.

Выбираем мощность лампы 40 Вт.

Подставим все значения в формулу (48) получим:

$$\Phi = \frac{200 \cdot 1,1 \cdot 192 \cdot 1,5}{48 \cdot 0,6} = 2200 \text{ лм}$$

Для освещения выбираем двухламповые светильники типа ЛСП42-2x40. Количество светильников равно 24 штуки. Схема размещения светильников приведена на рисунке 1.

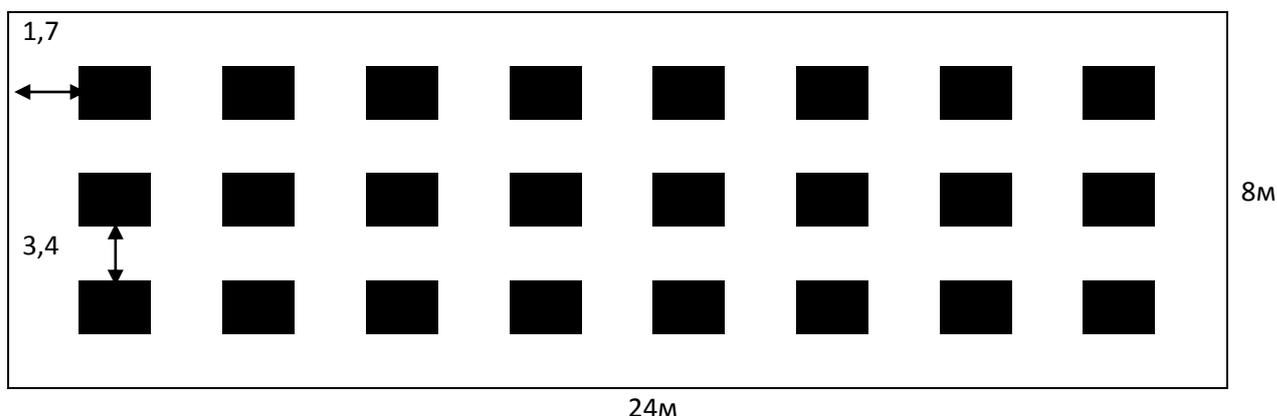


Рисунок 1 – Схема размещения светильников

В светильниках используются газоразрядные люминесцентные лампы по спектральному составу наиболее близкие к естественному солнечному свету;

чистка светильников производится 1 раз в квартал; каждый год осуществляется проверка уровня освещенности на рабочих местах.

5.3 Выявленные опасные производственные факторы

5.3.1 Воздействие электричества

Электрический ток, проходя через тело человека, производит тепловое, химическое и биологическое воздействие, тем самым нарушая нормальную жизнедеятельность. Химическое действие тока ведёт к электролизу крови и других содержащихся в организме растворов, что приводит к изменению их химического состава и, следовательно, к нарушению их функций. Биологическое действие электрического тока проявляется в опасном возбуждении живых клеток организма, в частности, нервных клеток и всей нервной системы. В ряде случаев возможен паралич дыхательного аппарата и паралич сердца, являющийся причиной смертельного исхода.

Для обеспечения безопасности обслуживающего персонала в электрических установках 380/220 Вольт предусматривается защитное заземление. Защитному заземлению подлежат металлические конструкции, которые могут оказаться под напряжением. В качестве сети заземления используются стальные трубы, электропроводка, нулевые провода силовой и осветительной сети, согласно ГОСТ 12.1.030-81. ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление [53]. Электробезопасность обеспечивается выполнением требований к конструкции и устройству электрооборудования установки, установленных в стандартах ССБТ, а также техническими способами и средствами защиты, согласно Приказу Минтруда России от 15.12.2020 № 903н «Об утверждении правил по охране труда при эксплуатации электроустановок» [54].

Для безопасности работы с оборудованием выполняются следующие требования: перед включением проверяется исправность заземления; в электро-

опасных местах установки присутствуют предупреждающие надписи, перед проведением ремонтных и наладочных работ обесточивают оборудование; при проведении наладочных работ используют инструмент с изолирующими рукоятками; электрооборудование защищено: от самопроизвольного включения привода при восстановлении прерванной подачи электроэнергии; от перегрузок и короткого замыкания автоматическими выключателями и тепловыми реле магнитных пускателей [55].

5.3.2 Воздействие пожара

Основными травмами на пожаре являются: термические ожоги тела; ожоги дыхательных путей, удушье; отравление токсичными продуктами горения; рваные и колотые раны, ушибы, переломы; летальный исход.

Согласно Федеральному закону «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 № 123-ФЗ. Система обеспечения пожарной безопасности объекта защиты включает в себя систему предотвращения пожара, систему противопожарной защиты, комплекс организационно-технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности [56]. Знание и выполнение правил техники безопасности и противопожарных мероприятий при эксплуатации насосных агрегатов обеспечивают безопасность работы обслуживающего персонала и безаварийность насосной станции. Основные правила техники безопасности и противопожарных мероприятий: электродвигатели и электроаппаратура имеют надежное заземление; все вращающиеся части агрегата (соединительные муфты, ременные передачи) ограждены щитами, решетками и прочными перилами; на электро-насосных установках находятся изолированные инструменты и приспособления (штанги, индикаторы напряжений, комплекты переносных заземлений, резиновые коврики, перчатки, сапоги и др.); насосная станция имеет противопожарный инвентарь и противопожарную сигнализацию; работники

станции знают правила и приемы тушения пожаров; здание хорошо освещено для правильного и безопасного обслуживания агрегатов и всех устройств.

5.4 Влияние на окружающую среду золоотвала

В процессе временного или постоянного складирования золошлакового материала формируется фильтрационный поток, содержащий находящиеся в золошлаковых материалах водорастворимые соединения, многие из которых являются токсичными. Фильтрационный поток оказывает неблагоприятное воздействие как на золоотвал в целом, включая его основание, так и на окружающую среду. Почвы испытывают воздействие золоотвала за счёт осаждения пыли из атмосферного воздуха. В связи с незначительными выбросами загрязняющих веществ в атмосферу при складировании золошлаков специальных мер по контролю над загрязнением атмосферного воздуха не предусмотрено. Контроль влияния золоотвала ООО «ЮТЭЦ» на окружающую природную среду, с учетом их конструкции и условий эксплуатации, а также в соответствии с требованиями действующих правовых и нормативных документов в области охраны окружающей среды и промышленной безопасности включает: наблюдения за состоянием (загрязнением) воздушной среды в районе у ГТС; контроль состояния (загрязнения) земель прилегающей к золоотвалу территории вследствие возможного их заболачивания фильтрационными водами; наблюдения за состоянием (загрязнением) грунтовых вод в районе ГТС.

Порядок и периодичность производственного аналитического контроля осуществляют согласно Федеральному закону «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 № 7-ФЗ [57].

5.5 Защита в чрезвычайных ситуациях

На территории Кемеровской области могут наблюдаться такие виды опасных природных явлений, как землетрясение, наводнение, сильный ветер (в

том числе шквал, смерч), сильный дождь или снег, град, метель, сильный мороз, заморозки, лесные и торфяные пожары.

Согласно Федеральному закону «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» от 21.12.1994 № 68-ФЗ, на анализируемом объекте разработан план мероприятий по обеспечению безопасности сотрудников в условиях ЧС.

5.6 Выводы по главе 5

Согласно результатам специальной оценки условий труда, на рабочем месте обходчика трассы на насосной станции оборотного водоснабжения гидротехнического сооружения золоотвала ООО «ЮТЭЦ» установлен 3.1 класс условий труда. Для обеспечения безопасной жизнедеятельности на анализируемом рабочем месте предлагаются следующие меры:

- параметры микроклимата не превышают нормируемых показателей. Для поддержания допустимых значений предусмотрено: водяное отопление, естественная вентиляция;
- к мерам индивидуальной защиты от шума относится применение антифонов и рациональная организация режима труда и отдыха, проведение отдыха в малошумных помещениях;
- для улучшения производственного освещения помещения насосной станции была рассчитана система искусственного освещения;
- для предотвращения опасности поражения электрическим током применяется защитное заземление и непроводящее половое покрытие;
- на объекте имеется противопожарный инвентарь и противопожарная сигнализация.

Заключение

На рассматриваемом золоотвале наибольшую потенциальную опасность представляет гидродинамическая авария – прорыв гидротехнических сооружений, являющихся гидродинамически опасными объектами с образованием волн прорыва и катастрофических затоплений. От размера прорыва зависит объём и скорость падения вод верхнего бьефа в нижний бьеф сооружения и параметры волны прорыва. Прорыв плотин приводит к стремительному затоплению местности.

В целях уменьшения ущерба при гидротехнической аварии составлен благоприятный прогноз динамики распространения волны прорыва. На основании расчётов представлен масштаб чрезвычайной ситуации при возникновении аварии на ГТС.

В результате проделанной работы можно сделать следующие выводы:

- на основании литературных источников выявлены возможные источники опасности для ГТС, которые могут привести к гидродинамической аварии;

- рассчитано, что при разрушении дамбы по сценарию: прорыв напорного фронта в сечении I-I, ослабленном коллектором сборного железобетонного колодца, в результате контактной фильтрации: площадь возможного затопления будет равна 75,3 тыс. м², количество пострадавших – 15 человек; рассчитано, что уровень безопасности ГТС золоотвала ООО «ЮТЭЦ» оценивается как пониженный;

- произведены расчёты на ликвидацию аварии, будет затрачено 249 579 руб.

Список использованной литературы

1. Экономическое регулирование безопасности в природной и техногенной сферах [Текст]: словарь-справочник / [сост. Акимов В. А. и др.]. – Москва: ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2011. – 249 с.; ISBN 978-5-93970-050-4.
2. Основные причины техногенных аварий и катастроф [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://socpartner24.ru/>. Дата обращения 22.04.2021.
3. Чрезвычайные ситуации [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://moodle.kstu.ru/>. Дата обращения 22.04.2021.
4. Кочкина, Т.Н. Безопасность зданий и сооружений в зоне гидродинамических аварий на гидротехнических сооружениях / Т.Н. Кочкина, С.О. Потапова // Журнал пожарная безопасность: проблемы и перспективы. – 2018. – С. 462-467.
5. Методические рекомендации по оценке риска аварий на гидротехнических сооружениях водного хозяйства и промышленности [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://normativ.kontur.ru/>. Дата обращения 24.04.2021.
6. Федеральный закон от 21.11.1994 №68-ФЗ О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера [принят Государственной думой 11 ноября 1994 года].
7. Об организации государственного надзора за безопасностью гидротехнических сооружений: Постановление Правительства РФ от 27.10.2012 №1108.
8. О порядке формирования и ведения Российского регистра гидротехнических сооружений: Постановление Правительства РФ от 23.05.1998 г. №490.
9. Об утверждении Положения о декларировании безопасности гидротехнических сооружений: Постановление Правительства РФ от 06.11.1998 г. №1303.

10. Об утверждении правил определения величины финансового обеспечения гражданской ответственности за вред, причиненный в результате аварии гидротехнического сооружения: Постановление Правительства РФ от 18.11.2001 г. №876.

11. О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера: Постановление Правительства РФ от 21.05.2007 г. №304.

12. Приказ МЧС России, Минэнерго России, МПР России, Минтранса России и Госгортехнадзора России от 18.05.2002 г. №243/150/270/68/89, зарегистр. Минюстом России 03.06.2002 г., рег.№3493.

13. ГОСТ Р 22.0.02 – 94 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения основных понятий. Изменен "Изменением №1", введенным в действие постановлением Госстандарта России от 31.05.2000 г. N 148-ст.

14. ГОСТ Р 22.1.12–2005 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Структурированная система мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений. Общие требования.

15. ГОСТ 19185–73. Гидротехника. Основные понятия. Термины и определения.

16. СП 58.13330.2012 СНиП 33-01-2003. Гидротехнические сооружения. Основные положения. М., Госстрой России, 2004.

17. СП 39.13330.2012 СНиП 2.06.05-84. Плотины из грунтовых материалов (утв. приказом Министерства регионального развития РФ от 29 декабря 2011 г. N 635/18).

18. Отчёт по инженерно-геологическим и инженерно-геофизическим работам. ТЭЦ ООО «Юрмаш» Золошлакоотвал №1. Укрепление восточной дамбы. Рабочая документация.

19. Протокол №9 5/3 от 7.06.2004 биотестирования отходов – золошлаковые отходы ООО «ПО «Юрмаш».

20. Залуцкий, Эдуард Владимирович. Насосные станции: Курсовое проектирование: [Учеб. пособие для вузов по спец. "Водоснабжение и канализация"] / Э. В. Залуцкий, А. И. Петрухно. - Киев: Вища шк., 1987. - 166,[1] с.: ил.; 20 см. Насосные станции - Курсовое проектирование FB 1 87-33/30 FB 1 87-33/29
21. Беликов, С.Е. Котлы тепловых электростанций и защита атмосферы / С.Е. Беликов, В.Р. Котлер. // Деловой экспресс. – 2012. – 78 с.
22. Инструкция № К-32 по эксплуатации системы системы гидрозолоудаления, золошлакоотвала и системы оборотного водоснабжения.
23. Инструкция № К-11 по обслуживанию багерной насосной станции.
24. Каганов, Г. М. Обследование гидротехнических сооружений при оценке их безопасности / Г. М. Каганов, В. И. Волков, О. Н. Черных. – М.: МГУП, 2001. – 60 с. – ISBN 5-89231-060-4.
25. Елфимов, В.И., Калмыков А.А. Разработка принципов построения комплексной системы оперативного мониторинга водных объектов и гидротехнических сооружений В. И Елфимов, А.А. Калмыков // [Электронный ресурс] Записки Горного института – электронный научный журнал. – 2005. – №230 (дата обращения: 30.04.2021 г).
26. Буров, В. Д. Тепловые электрические станции / В. Д. Буров, Е. В. Дорохов, Д. П. Елизаров и др.; под ред. В. М. Лавыгина, А. С. Седлова, С. В. Цанева.// учебник для вузов - 2-е изд. , перераб. и доп. - Москва : МЭИ, 2020. – ISBN 978-5-383-014202. - Текст: электронный // URL: <https://www.rosmedlib.ru/book/ISBN9785383014202.html>(дата обращения: 26.04.2021).
27. Керцелли, Л.И. Тепловые электрические станции / Л.И Керцелли, В.Я Рыжкин. // Деловой экспресс. – 1956. – 305 с. (дата обращения: 30.04.2021 г).
28. РД 34.27.501-91. Типовая инструкция по эксплуатации гидрозолоудаления тепловых электростанций.
29. Цанев С. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций / С. Цанев, В. Буров, А.Ремезов. – М.: МЭИ, 2000. – 413 с.

30. Методика определения размера вреда, который может быть причинён жизни, здоровью физических лиц, имуществу в результате аварий гидротехнических сооружений предприятий топливо – энергетического комплекса 29.12.2003г №776/508.

31. Методические рекомендации по расчету развития гидродинамических аварий на накопителях жидких промышленных отходов.

32. РД 09-391-00 Методика расчёта зон затопления при гидродинамических авариях на хранилищах производственных отходов химических предприятий.

33. ГОСТ Р 22.2.09-2015 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Экспертная оценка уровня безопасности и риска аварий гидротехнических сооружений.

34. Методические рекомендации по оценке риска аварий гидротехнических сооружений водохранилищ и накопителей промышленных отходов.

35. Федерального закона от 21.07.1997 №117-ФЗ «О безопасности гидротехнических сооружений»

36. План ликвидации аварий ГТС [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://gipexpert.ru/index.php/deklaracija-bezopasnosti-gts/plan-likvidacii-avarii-gts.html>. Дата обращения 04.05.2021. GipExpert. Ru

37. О создании локальных систем оповещения в районах размещения потенциально опасных объектов: Постановление Совета Министров – Правительства Российской Федерации от 01.03.1993 №178 // Собрание законодательства РФ. – 1993.

38. Аварии на объекте [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://ohranatryda.ru/chp/promyslennye-avarii.html> Дата обращения 04.05.2021 г.

39. Методические рекомендации по первоочередному обеспечению пострадавших и участников АСДНР.

40. ГОСТ Р 3112194-0366-03 Нормы расхода топлив и смазочных материалов на автомобильном транспорте. Общие требования. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. – 11 с.
41. Расчет затрат на организацию стационарного и амбулаторного лечения пострадавших [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.kazedu.kz/referat/187534/45>. Дата обращения 05.05.2021 г.
42. Аварии на гидротехнических сооружениях [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://studwood.ru/801329/bzhd/avarii_gidrotehnicheskikh_sooruzh_niyah. Дата обращения 05.05.2021 г.
43. О специальной оценке условий труда: Федеральный закон от 01.05.2016 №426 – ФЗ.
44. ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».
45. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования.
46. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ «Шум. Общие требования безопасности».
47. E Staseva, M Kvitkina, A Litvinov.– E3S Web of, 2020 – e3s – conferences.org https://www.e3sconferences.org/articles/e3sconf/abs/2020/24/e3sconf_tpacee2020_01028/e3sconf_tpacee2020_01028.html Дата обращения 06.05.2021 г.
48. Производственный шум [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://34.rospotrebnadzor.ru/content/193/4532/> Дата обращения 06.05.2021 г.
49. ГОСТ 12.1.012-2004 ССБТ. «Вибрационная безопасность. Общие требования».
50. Организация освещения рабочего места [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://cdo.bru.by/course/distan/AEP/obweprofessional'nye_i_special'nye/ohrana_truda\(aepdz\)/file/tema7.pdf](http://cdo.bru.by/course/distan/AEP/obweprofessional'nye_i_special'nye/ohrana_truda(aepdz)/file/tema7.pdf) Дата обращения 06.05.2021 г.
51. СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение.

52. Расчет освещения по методу коэффициента использования светового потока. [Электронный ресурс] Режимдоступа: <https://ksosvet.ru/blog/cvetotekhnicheskijraschetpometodukoehfficientaispolzovaniyaprimer> Датаобращения 07.05.2021 г.

53. ГОСТ 12.1.030-81. ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.

54. Приказ Минтруда России от 15.12.2020 № 903н «Об утверждении правил по охране труда при эксплуатации электроустановок».

55. AE Antonov, G Buica, DC Darabon. – ACTA Universitatis, 2015 – researchgate.net https://www.researchgate.net/profile/Constantin-Beiu/publication/282460076_The_Impact_Of_Occupational_Hazards_In_Workplaces_Maintenance_A_Main_Target_For_Ensuring_The_Safety_Of_Working_Equipment/links/5767bc4008ae1658e2f89316/The-Impact-Of-Occupational-Hazards-In-Workplaces-Maintenance-A-Main-Target-For-Ensuring-The-Safety-Of-Working-Equipment.pdf Дата обращения 07.05.2021 г.

56. Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 № 123-ФЗ.

57. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 №7-ФЗ.

Приложение А

(обязательное)

Карта местности золоотвала ООО «ЮТЭЦ» с обозначением вероятной зоны затопления при гидродинамической аварии (масштаб 1:16700)



Приложение Б
(обязательное)
Схема организации связи в районе чрезвычайной ситуации

