



Институт неразрушающего контроля  
Специальность 20.04.01 «Техносферная безопасность»  
Кафедра экологии и безопасности жизнедеятельности

### МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Оптимизация процессов очистки сточных вод горнодобывающего предприятия

УДК 628.32

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1EM41	Фахртдинова Ольга Альфировна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Назаренко Ольга Брониславовна	д.т.н., профессор		

### КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Петухов Олег Николаевич	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Романцов Игорь Иванович	к.т.н.		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭБЖ ИНК ТПУ	Романенко Сергей Владимирович	д.х.н., профессор		

Томск – 2016 г.

## Планируемые результаты обучения по ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<b>Профессиональные компетенции</b>	
P1	Применять глубокие математические, естественно-научные, социально-экономические и профессиональные знания при осуществлении изысканий и инновационных проектов создания и оптимизации методов и средств обеспечения безопасности человека и окружающей среды от техногенных и антропогенных воздействий
P2	Создавать и использовать на основе глубоких и принципиальных знаний необходимое оборудование, инструменты и технологии по защите человека в техносфере, а также для повышения надежности и устойчивости технических объектов, поддержания их функционального назначения в условиях жестких экологических, социальных и других ограничений
P3	Проводить инновационные инженерные исследования опасных природных и техногенных процессов и систем защиты от них, включая критический анализ данных из мировых информационных ресурсов, формулировку выводов в условиях неоднозначности с применением глубоких и принципиальных знаний и оригинальных методов в области современных информационных технологий, современной измерительной техники и методов измерения.
P4	Организовывать и руководить деятельностью подразделений по защите среды обитания и безопасному размещению и применению технических средств в регионах, осуществлять взаимодействие с государственными службами в области экологической, производственной, пожарной безопасности, защиты в чрезвычайных ситуациях
P5	Организовывать мониторинг в техносфере, составлять краткосрочные и долгосрочные прогнозы развития ситуации на основе его результатов с использованием глубоких фундаментальных и специальных знаний, аналитических методов и сложных моделей в условиях неопределенности, анализировать и оценивать потенциальную опасность объектов экономики для человека и среды обитания и разрабатывать рекомендации по повышению уровня безопасности объекта
P6	Проводить экспертизу безопасности и экологичности технических проектов, производств, промышленных предприятий и территориально-

	производственных комплексов, аудит систем безопасности, осуществлять мероприятия по надзору и контролю на объекте экономики, территории в соответствии с действующей нормативно-правовой базой
<b><i>Общекультурные компетенции</i></b>	
P7	Использовать глубокие знания в области проектного менеджмента, в том числе международного менеджмента, находить и принимать управленческие решения с соблюдением профессиональной этики и норм ведения инновационной инженерной деятельности с учетом юридических аспектов в области техносферной безопасности.
P8	Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной профессиональной среде, включая разработку документации, презентацию и защиту результатов инновационной инженерной деятельности.
P9	Эффективно работать индивидуально, а также в качестве руководителя группы с ответственностью за работу коллектива при решении инновационных инженерных задач в области техносферной безопасности
P10	Демонстрировать глубокое знание правовых, социальных, экологических и культурных аспектов инновационной инженерной деятельности, компетентность в вопросах охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности.
P11	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.

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



Институт неразрушающего контроля  
Специальность 20.04.01 «Техносферная безопасность»  
Кафедра экологии и безопасности жизнедеятельности

УТВЕРЖДАЮ:  
Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_  
(Подпись)      (Дата)      (Ф.И.О.)

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

В форме:

Магистерской диссертации

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
1ЕМ41	Фахртдиновой Ольге Альфировне

Тема работы:

Оптимизация процессов очистки сточных вод горнодобывающего предприятия

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

**Исходные данные к работе**

*(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).*

- *Литературные данные о влиянии горнодобывающей промышленности на окружающую среду*
- *Результаты производственной практики (данные о состоянии очистных сооружений предприятия «Макмалзолото»)*
- *Результаты НИРС*

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– <i>Литературный обзор по исследуемой работе;</i></li> <li>– <i>Анализ данных по процессам очистки сточных вод горнодобывающего предприятия;</i></li> <li>– <i>Расчет очистных сооружений «Макмалзолото»;</i></li> <li>– <i>Финансовый менеджмент ресурсоэффективность и ресурсосбережение;</i></li> <li>– <i>Аспекты социальной ответственности.</i></li> </ul>
<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– <i>Схема процесса очистки сточных вод на очистных сооружениях</i></li> </ul>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b></p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p style="text-align: center;"><b>Раздел</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Консультант</b></p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Доцент кафедры менеджмента Петухов Олег Николаевич</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Старший преподаватель кафедры «Экологии и безопасности жизнедеятельности» Романцов Игорь Иванович</p>
<p>По иностранному языку</p>	<p>Доцент кафедры иностранных языков физико-технического института Крицкая Надежда Вадимовна</p>
<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>	
<p>Типы хвостохранилищ и причины их образования</p>	
<p>Рекомендации по безопасности хвостохранилищ</p>	
<p> </p>	
<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	<p>01.02.2016</p>

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор кафедры ЭБЖ	Назаренко Ольга Брониславовна	Д.Т.Н., профессор		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ЕМ41	Фахртдинова Ольга Альфировна		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
1EM41	Фахртдинова Ольга Альфировна

<b>Институт</b>	<b>ИНК</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ЭБЖ</b>
<b>Уровень образования</b>	Магистратура	<b>Направление/специальность</b>	Техносферная безопасность

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; наблюдение.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	

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

1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	<i>Определение потенциального потребителя результатов исследования, SWOT-анализ, определение возможных альтернатив проведения научных исследований</i>
2. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	<i>Планирование этапов работы, определение календарного графика и трудоемкости работы, расчет бюджета</i>
3. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	<i>Оценка сравнительной эффективности проекта</i>

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

1. *Сегментирование рынка*
2. *Оценка конкурентоспособности технических решений*
3. *Матрица SWOT*
4. *Морфологическая матрица*
5. *Временные показатели проведения научного исследования*
6. *График проведения и бюджет НТИ*
7. *Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ*

**Дата выдачи задания для раздела по линейному графику**

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Петухов Олег Николаевич	Кандидат экономических наук		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
1EM41	Фахртдинова Ольга Альфировна		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа 1ЕМ41	ФИО Фахртдинова Ольга Альфировна
-----------------	-------------------------------------

Институт Уровень образования	ИНК Магистратура	Кафедра Направление/специальность	ЭБЖ Техносферная безопасность
---------------------------------	---------------------	--------------------------------------	-------------------------------------

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	– <i>Рабочее место операторов станции биологической очистки, станции механической очистки на очистных сооружениях горнодобывающего предприятия</i>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<b>1. Производственная безопасность</b> <b>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</b>  <b>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</b>	– <i>физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</i> – <i>несоответствие параметров вредных факторов нормативным значениям;</i> – <i>действие фактора на организм человека;</i> – <i>приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</i> – <i>предлагаемые средства защиты;</i> <i>Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>микроклимат;</i></li> <li>• <i>шум;</i></li> <li>• <i>освещение.</i></li> </ul> – <i>механические опасности (источники, средства защиты);</i> – <i>электробезопасность;</i> – <i>пожаровзрывобезопасность.</i>
<b>2. Экологическая безопасность:</b>	– <i>защита селитебной зоны</i> – <i>анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</i> – <i>анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</i> – <i>анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</i>
<b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	– <i>перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения;</i> – <i>выбор наиболее типичной ЧС;</i>
<b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b>	– <i>специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</i> – <i>организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны</i>

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Романцов Игорь Иванович	к.т.н,		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ЕМ41	Фахртдинова Ольга Альфировна		

## График выполнения ВКР

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования



### «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт неразрушающего контроля

Направление подготовки (специальность) техносферная безопасность

Уровень образования магистратура

Кафедра ЭБЖ

Период выполнения (осенний / весенний семестр 2015/2016 учебного года)

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН

выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	27.05.16
--	----------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
16.03.2016	Обзор литературы по теме исследования	10
01.04.2016	Экспериментальная часть	50
20.04.2016	Анализ результатов исследования	30
05.05.2016	Оформление результатов исследования	10

Составил преподаватель:

	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор кафедры ЭБЖ	Назаренко Ольга Брониславовна	Д.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор кафедры ЭБЖ	Романенко Сергей Владимирович	Д.х.н.		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа выполнена на 130 с., содержит 8 рисунков, 24 таблиц, имеет 30 источников и 3 приложения.

Ключевые слова: процессы очистки сточных вод, очистные сооружения, водоотведение, хвостохранилище.

Объектом исследования является действующая система очистных сооружений золотодобывающего предприятия «Макмалзолото» Кыргызской Республике.

Цель работы – оптимизация процессов очистки сточных вод на очистных сооружениях золотодобывающего предприятия.

В процессе исследования были выявлены особенности технологии основных производств, основные вредные факторы воздействия горнодобывающего предприятия на окружающую среду и состав вредных веществ в промышленных стоках.

В результате исследования были выявлены основные факторы и причины необходимости совершенствования системы очистки сточных вод золотодобывающего предприятия.

В дальнейшем данный процесс оптимизации очистки сточных вод может использоваться при разработке и проектировании очистных сооружений горнодобывающих предприятий.

Также была проведена оценка экономической эффективности проведения данного исследования.

В будущем планируется: усовершенствование процессов очистки сточных вод горнодобывающего комплекса.

## **Определения, обозначения, нормативные ссылки**

### **Нормативные ссылки**

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. ГОСТ Р 1.5 – 2012 Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные Российской Федерации. Правила построения, изложения, оформления и обозначения.
2. ГОСТ 2.104 – 2006 Единая система конструкторской документации. Основные надписи.
3. ГОСТ 2.105 – 95 Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам.
4. ГОСТ 2.106 – 96 Единая система конструкторской документации. Текстовые документы.
5. ГОСТ 2.301 – 68 Единая система конструкторской документации. Форматы.
6. ГОСТ 3.1102 – 2011 Единая система технологической документации. Стадии разработки и виды документов.
7. ГОСТ 3.1105 – 2011 Единая система технологической документации. Формы и правила оформления документов общего назначения.
8. ГОСТ 7.0.5 – 2008 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая ссылка.
9. ГОСТ 7.1 – 2003 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Библиографическое описание.
10. ГОСТ 7.9 – 95 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Реферат и аннотация.
11. ГОСТ 7.32 – 2001 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчёт о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления.

## **Определения**

В данной работе приведены следующие термины с определениями:

**очистка сточных вод:** Комплекс мероприятий по удалению вредных веществ, содержащихся в бытовых и промышленных сточных водах перед выпуском их в водоёмы. Осуществляется на специальных очистных сооружениях.

**хвостохранилище:** Комплекс специальных сооружений и оборудования, которые предназначены для хранения или захоронения токсичных, радиоактивных и других отвальных отходов обогащения полезных ископаемых.

**оптимизация:** модификация системы для улучшения её эффективности.

## Оглавление

<b>Введение</b> .....	15
<b>1 Литературный обзор</b> .....	16
1.1 Особенности технологии основных производств горнодобывающих предприятий.....	17
1.2 Водоотведение и очистка сточных вод горнодобывающих предприятий....	18
1.3 Типы хвостохранилищ и причины их образования.....	22
1.4 Рекомендации по безопасности хвостохранилищ .....	25
<b>2 Общие сведения о предприятии</b> .....	32
2.1 Характеристика золоторудного предприятия «Макмалзолото» .....	32
2.2 Технология основных производств и технология аффинажного цеха.....	34
2.3 Характеристика предприятия как источника загрязнения .....	43
<b>2.4 Производственные сточные воды</b> .....	50
2.5 Характеристика хвостохранилища.....	52
2.6 Локальные очистные сооружения .....	56
<b>3 Разработка предложений по оптимизации процессов очистки сточных вод предприятия</b> .....	58
3.1 Оптимизация процессов очистки производственных сточных вод.....	58
3.2 Расчёт хвостохранилища .....	62
3.3 Расчет локальных очистных сооружений.....	63
<b>4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</b>	73
<b>5 Социальная ответственность</b> .....	93
<b>Заключение</b> .....	111
<b>Список публикаций студента</b> .....	112
<b>Список использованных источников</b> .....	113
<b>Приложение</b> .....	116

## **Введение**

На современном этапе развития золотодобывающей отрасли огромное внимание уделяется процессам очистки сточных промышленных вод, в связи с содержанием в них вредных веществ, которые наносят серьезный вред окружающей среде.

Влияние горнодобывающих предприятий на окружающую среду обусловлено геолого-геохимическими особенностями и применяемой технологией для разработки конкретного месторождения. Воздействия золотодобывающего предприятия на окружающую среду и экосистему в целом характеризуется количественной оценкой объектов воздействия, уровень этого воздействия определяется на основе расчетов рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере, расчета выбросов и сбросов загрязняющих веществ в водные объекты, расчета водопотребления, водного баланса примыкающей территории. В процессе производства частично или полностью нарушается сложившееся экологическое состояние в зоне размещения промышленных объектов, шахт, обогатительных фабрик, рудников и строительных площадок. В связи с этим необходимость снижения влияния загрязненных промышленных сточных вод на окружающую среду является одним из наиболее актуальных вопросов.

Цель данной работы – оптимизация процессов очистки сточных вод на очистных сооружениях золотодобывающего предприятия.

Для достижения цели необходимо решить ряд задач:

- Изучить особенности воздействия горнодобывающих предприятий на окружающую среду.
- Провести анализ эффективности очистных сооружений золотодобывающего предприятия «Макмалзолото».
- Дать оценку состояния хвостохранилища предприятия.
- Разработать предложения по оптимизации процессов очистки производственных и шахтных сточных вод.
- Выполнить расчет локальных очистных сооружений.

## 1 Литературный обзор

Для горнодобывающих предприятий характерно интенсивное воздействие на окружающую природную среду, которое неизбежно вызывает ее изменение. Ущерб, который наносят окружающей среде горные работы, усугубляется многообразием отрицательно влияющих факторов и, изменения проявляются в загрязнение подземных и поверхностных вод, затопление и заболачивание подработанных территорий, обезвоживание и засоление почв, загрязнение вредными веществами и химическими элементами атмосферного воздуха, гидрогеологические и геохимические изменения, изменение микроклимата.

Основным фактором преобразования окружающей среды являются техногенные процессы, которые формируются при эксплуатации различных объектов горнодобывающего производства [1].

В зависимости от технологии горные работы вызывают существенные изменения в окружающей среде, такие как нарушение поверхности над отработанными площадями месторождений и формирование в районе горных работ породных отвалов и отвалов забалансовых руд.

Масштабы извлечения твердых полезных ископаемых из недр зависит от технологии добычи, которая может быть как открытой, так и подземной. Наиболее сильные нарушения поверхности земли происходят при изъятии из недр полезных ископаемых открытым карьерным способом. Разработка месторождений полезных ископаемых горнодобывающего предприятия подземным способом, требует существенно меньших территорий под горный отвод и не вызывает существенных нарушений или изменений инфраструктуры, так как открытые горные работы [1].

При разработке месторождений полезных ископаемых, в частности золота, техногенные изменения окружающей среды, захватывает значительные территории, которые по своей площади несопоставимые с площадями горных отводов.

Таким образом, в совокупном проявлении большого комплекса техногенных процессов в районе горнодобывающих предприятий формируется техногенез горного профиля, изменение ландшафтов под воздействием производственной деятельности, в результате интенсивного воздействия которого происходит преобразование верхней части литосферы и окружающей среды в целом.

### **1.1 Особенности технологии основных производств горнодобывающих предприятий**

В целом горнодобывающие предприятия характеризуются следующими особенностями:

- размещение в непосредственной близости от месторождений полезного ископаемого;
- ограниченный срок существования промышленного предприятия, связанный с периодом эксплуатации месторождения;
- градообразующий характер, который обусловлен размещением вместе с ними объектов транспортной, производственной инфраструктуры;
- высокое влияние на окружающую среду территории основных производств;
- рост производственных издержек в процессе разработки месторождения [2].

Горнодобывающее предприятие или рудник в своем составе имеют шахты, карьеры, дробильно-сортировочные, обогатительные или агломерационные фабрики, которые в свою очередь делятся на участки и производственные подразделения.

Производственная структура горнодобывающего предприятия определяется главным образом специфическим характером, размерами производства, особенностями технологии добычи руды и ее обогащения[2].

Производственные участки в условиях горнодобывающего производства подразделяются на основные, вспомогательные и обслуживающие.

В основных цехах выполняется определенная стадия технологического процесса. Вспомогательные цеха и участки обеспечивают работу основных цехов. Цеха подразделяются на производственные участки.

Схема организации рудника приведена в приложении 1.

Основными структурными подразделениями шахты являются горные участки, которые создаются для выполнения производственных процессов и технологии производств, связанных с проведением горных выработок и производством очистных работ, таких как горно-подготовительные, горно-капитальные и эксплуатационные работы [3].

От объема добычи руды, числа очистных забоев и характера рудного тела зависит число эксплуатационных участков. При определении границ эксплуатационного участка исходят из наиболее рационального ведения горных работ, особенностей технологии основных производств, эффективности использования горной техники и применения совершенной организации производства.

## **1.2 Водоотведение и очистка сточных вод горнодобывающих предприятий**

Комплекс санитарных мероприятий и инженерных сооружений, которые обеспечивают своевременный сбор сточных вод, которые образуются на территории промышленных предприятий и населенных пунктов, быстрое удаление сточных вод за пределы населенных пунктов, а также их очистка, обеззараживание, обезвреживание – и есть очистка сточных вод или канализация.

Источниками загрязнения большинства водоемов являются сброшенные, недостаточно очищенные сточные воды с промышленных предприятий, крупных комплексов и отходы производства при разработке рудных ископаемых, горнодобывающих предприятий; воды шахт, рудников; сбросы водного и железнодорожного транспорта; отходы первичной обработки, пестициды и многие другие вредные вещества [4].

Попадая в природные водоемы, загрязняющие вещества, приводят к изменению качества воды, которые проявляются в изменении физических и химических свойств воды, появление неприятного запаха, привкуса и т.д., появление в ней вредных веществ.

Качественный и количественный состав вредных веществ разнообразен. Состав вредных веществ, присутствующих в сточных водах, зависит от технологического процесса на предприятии. Вредные вещества в сточных водах делят на две группы: содержащие неорганические примеси, в том числе и токсические, и содержащие яды [5].

Так же загрязнениями сточных вод являются физиологические выделения людей и животных, отходы и выбросы, получающиеся в результате жизнедеятельности людей, а также технологические потери на промышленных предприятиях.

Многие производственные сточные воды, так же как и бытовые, содержат значительное количество органических веществ, которые способны быстро гнить, служить питательной средой, которая обуславливает возможность массового развития различных микроорганизмов, например патогенных бактерий. Некоторые производственные сточные воды содержат токсические примеси, которые оказывают пагубное воздействие на живые организмы.

Наиболее простым и удовлетворяющим санитарным требованиям является отведение или удаление сточных вод по трубопроводам за пределы населенных мест.

Одним из видов инженерного оборудования и благоустройства населенных пунктов, жилых, общественных и производственных зданий, которые обеспечивают необходимые санитарно – гигиенические условия, является канализация.

Сточные воды – это воды, использованные в бытовых или производственных целях и загрязненные при этом дополнительными примесями, изменившими их первоначальный химический состав и

физические свойства, а также воды, которые стекают с территории промышленных предприятий, населенных мест в результате выпадения атмосферных осадков или поливки территории.

К производственным сточным водам относятся воды, использованные в технологическом процессе, которые не отвечают требованиям, которые предъявляются к их качеству. Такие воды подлежат удалению с территории промышленного предприятия. Сюда относятся также воды, откачиваемые на поверхность земли при добыче полезных ископаемых (угля, нефти, золотой руды и др.)

Сточные воды промышленных предприятий загрязнены всевозможными примесями органического и минерального происхождения, которые могут находиться в них в виде раствора, коллоидов, суспензии и нерастворенных веществ [6].

Сточные воды горнодобывающей промышленности, в частности золотодобывающего предприятия, можно подразделить на следующие группы:

- шахтные воды, воды от осушения шахтных полей;
- карьерные воды разрезов, карьерные воды, воды от осушения полей карьеров;
- сточные воды поверхностного комплекса шахт, обогатительных фабрик, разрезов;
- хозяйственно-бытовые сточные воды производства и т. д.;

Рудничные воды, которые при вскрытии водоносных горизонтов горными подземными выработками, начинают сток, наносят наибольший вред и урон окружающей среде.

Степень загрязнения сточных вод промышленных предприятий оценивается концентрацией, массой примесей в единице объема в мг/л или г/м<sup>3</sup> [6].

В зависимости от характера содержащихся в сточных водах примесей, применяют те или иные методы их обработки и очистки. Методы очистки сточных вод показаны в таблице 1.1

Таблица 1.1 – Методы обработки и очистки сточных вод

Методы обработки и очистки сточных вод																									
Механический			Химический			Физико-химический					Физический			Биохимический											
Отстаивание	Очистка в гидроциклонах	Центрифугование	Фильтрация	Микрофильтрация	Окисление	Восстановление	Осаждение	Нейтрализация	Флокуляция, коагуляция	Флотация, электрофлотация	Ионообмен, сорбция	Экстракция	Электро-, гальванокоагуляция	Мембранный электролиз	Электролиз	Нанофильтрация	Магнитная обработка	Электромагнитная обработка	Ионизирующее облучение	Вибрация	Поля фильтрации	Биологические пруды	Аэротенки	Биофильтры	Окислительные каналы

Механический метод. Сущность метода заключается в том, что путем отстаивания и фильтрации из сточных вод удаляются механические примеси. В зависимости от размеров грубодисперсные частицы улавливаются решетками, песколовками, ситами, септиками, уловителями различных конструкций, а поверхностные загрязнения улавливаются нефтеловушками, бензоуловителями, маслоуловителями, отстойниками и другими сооружениями. Механическая очистка позволяет выделить из промышленных стоков до 95 % примесей.

Химический метод. Суть метода состоит в том, что в сточные воды добавляют химические реагенты, которые вступают в реакцию с загрязнителями и осаждают их в виде нерастворимых осадков.

Физико-химический метод. Из сточных вод удаляются тонкодисперсные и растворенные неорганические примеси и разрушаются органические и плохо окисляемые вещества. Наиболее часто из физико-химических методов применяется коагуляция, сорбция, окисление, экстракция, электролиз и т. д.

Биологический метод. Метод основан на использовании закономерностей биохимического и физиологического самоочищения

водоемов. Есть несколько типов биологических устройств по очистке сточных вод: биофильтры, аэротенки и биологические пруды.

Применение того или иного метода в каждом конкретном случае определяется характером загрязнения и степенью вредности примесей. Когда данные методы применяются вместе, то метод очистки и обезвреживания сточных вод называется комбинированным [6].

Все производственные процессы на промышленных предприятиях сопровождаются большим расходом воды. При этом предприятия отдельных отраслей промышленности потребляют количество воды, которое значительно превосходит водопотребление крупных городов.

Основными видами использования воды предприятиями различных отраслей промышленности являются: охлаждение производственных установок, продукта производства, конденсация пара, промывка использованных материалов и др.

### **1.3 Типы хвостохранилищ и причины их образования**

Спецификация обогащения и добыча руды заключается в извлечении и переработке больших масс горных пород.

В настоящее время, современные технологии позволяют использовать только часть извлекаемой горной массы. Оставшаяся часть горной породы накапливается в виде техногенных отходов.

С отходами или хвостами обогатительных фабрик, из всего разнообразия техногенных объектов, связаны проблемы, решение которых важно как для человечества, так и для окружающей среды в целом.

По статистике, из 30 млн. тонн отходов 27 млн. тонн – это хвосты обогащения руды. Новые порции отходов помещаются на прудках под водной поверхностью, так как технология складирования не предусматривает возможности их быстрой утилизации [7].

Для того чтобы начать утилизацию, необходимо заполнить весь объем хранилища, затем происходит процесс его сушки и только после этого происходит утилизация.

Наибольшую опасность для всей окружающей среды и для водных ресурсов на районах размещения золотых месторождений и горнодобывающих предприятий представляют рудничные воды, которые откачиваются из карьеров и шахт, дренажные и сбросные воды хвостохранилищ обогатительных фабрик. Для обезвреживания и очистки таких вод необходимо строительство специальных очистных сооружений.

Хвостохранилище – это комплекс специальных сооружений и оборудования, которые предназначены для хранения или захоронения токсичных, радиоактивных и других отвальных отходов обогащения полезных ископаемых. На горнодобывающих предприятиях получают концентрат из поступающей добытой руды, а отходы переработки перемещают в хвостохранилище [8].

Содержимое хвостохранилища – это горная порода с определенной примесью химических веществ после извлечения из нее золота или других полезных ископаемых.

Отвалы это накопления или складирование пустых пород и верхнего слоя горной массы на минералсодержащих горных породах, при открытых горных работах.

Пустой породой называется горная масса, которая не содержит полезного ископаемого или содержит его в непромышленных концентрациях.

При наличии соответствующей технологии, возможна вторичная переработка хвостов с извлечением золота.

Зачастую хвостохранилище сооружают в понижениях рельефа, в котловинах, горных ущельях, распадках, сооружают в нескольких километрах от горнодобывающего предприятия.

Из хвостов намывается дамба, которой впоследствии огораживается хвостохранилище. При отстаивании идёт разделение на осадочную твёрдую

фазу хвостов и воду. Вода вторично используется горнодобывающей фабрикой, иногда очищается и сбрасывается в стоки. Для улучшения процесса разделения фаз могут применяться такие реагенты как коагулянты и флокулянты [8].

В зависимости от способа устройства, все существующие хвостохранилища делятся на:

- плотинные или наливные, в которых ограждающие устройства возводятся сразу на всю высоту;
- хранилища постепенного возведения, в которых сначала возводят первичную дамбу небольшой высоты, которая необходима для организации замыва, а затем дополняют хранилище по высоте путем постепенного возведения дамб вторичного обвалования;
- бесплотинные – исключают возведение первичной дамбы и платины.

По рельефу местности существуют следующие типы хвостохранилищ:

- равнинный – располагается на ровной местности с обвалованием по всему периметру; достоинством является отсутствие необходимости сбрасывать стоки и строить водосбросные сооружения;
- шахтный
- овражный – располагается в оврагах, которые перегорожены дамбой;
- пойменный – располагается на поймах рек, в зависимости от рельефа местности, с обвалованием с двух или трех сторон;
- карьерный
- косогорный – располагается на участках, которые ограждены с трех сторон дамбами, а с четвертой косогором;

Хвостохранилища, выполненные без учёта фильтрации и других важных факторов, нередко становятся источником экологической опасности,

источником загрязнения почвенных вод, атмосферы и окружающей среды в целом [9].

Опасности хвостохранилищ для окружающей среды:

- Загрязнение подземных и поверхностных вод;
- Загрязнение, за счёт пыления, атмосферного воздуха;
- Загрязнение земельных участков через ветровой унос пыли;
- Загрязнение земель через инфильтрацию из подземных водоносных горизонтов и т.д.

Причины образования отвалов и хвостохранилищ:

- добыча и обогащение минеральных руд (Al, Fe, Mn, Ti, Cu, U, S, Pb, и др.);
- добыча и обогащение угля;
- золотодобывающие предприятия;
- металлургические предприятия;
- коксохимические заводы и т.д.

#### **1.4 Рекомендации по безопасности хвостохранилищ**

Основные и самые необходимые мероприятия по безопасности хвостохранилищ должны быть направлены на минимизацию ущерба от разрушения, от фильтрационных потерь и от пыления.

При проектировании хвостохранилищ, необходимо учитывать такие факторы как:

- степень просадочности грунтов;
- сейсмостойкость;
- определение санитарно защитной зоны;
- определение территории охранной зоны;
- проезды, проходы и т.д.;
- системы сигнализации, оповещения, связи и т.д.

При выборе места, где будут располагаться хвостохранилища необходимо:

- располагать хвостохранилище в долинах рек и ручьев, которые не имеют рыбохозяйственного, рекреационного или хозяйственно-питьевого значения;
- на территории хвостохранилищ должны отсутствовать горизонты подземных вод хозяйственно-питьевого назначения;
- необходимо иметь подтверждение того, что поток грунтовых вод на территории влияния хвостохранилища не разгружается в открытый водоем и не выходит на поверхность в виде родников, водоемов и других водотоков;
- подстилающие породы, в частности глина и суглинки, должны иметь малую водопроницаемость;
- уровень грунтовых вод должен быть низким не менее 4-5 м.;
- хвостохранилища должны располагаться ниже обогатительных фабрик.

Класс капитальности хвостохранилища и его сооружений необходимо определять с учетом таких признаков как:

- емкость хвостохранилища;
- степень ответственности сооружений;
- высота намыва отходов;
- условия эксплуатации сооружений самого хранилища;
- производительность по выходу отходов с промышленного предприятия [10].

Хвостохранилища, срок эксплуатации которых больше 5 лет, относятся к постоянным сооружениям, менее 5 лет относятся к временным сооружениям. При выборе класса капитальности можно руководствоваться таблицей 1.2.

Не следует возводить действующие хвостохранилища по уклону местности в естественных понижениях рельефа, в таких как овраги или ущелья, одно над другим, во избежание аварийных ситуаций в случае прорыва дамбы.

Если вышерасположенное хвостохранилище прекратило функционировать и было законсервировано, то допускается возведение нового

хвостохранилища ниже по рельефу местности. В этом случае, дамба нижележащего хвостохранилища, должна иметь повышенный класс устойчивости. Также повышенный класс устойчивости должна иметь дамба хвостохранилища, которое расположено в сейсмоопасном районе.

Хвостохранилище не должно препятствовать естественному дренажу поверхностных вод с прилегающей территории.

С территории хвостохранилища должна сниматься вся растительность, так же должен сниматься и сохраняться плодородный слой для использования впоследствии при рекультивации земли [11].

В устьевой части хвостохранилища, дамба должна обеспечить полное удержание массы хвостов и не допускать вытока этих хвостов из чаши хвостохранилища в ближайший водоём.

Таблица 1.2 – Выбор класса капитальности и степени ответственности сооружений

Класс капитальности хранилища	Емкость хранилища, млн. м <sup>3</sup>	Выход отходов, т/сут	Высота плотины или ограждающей дамбы, м	Степень ответственности сооружений. Последствия их разрушений
I	Более 100	Более 10000	Более 50	Особо ответственные, авария которых сопряжена с катастрофическими последствиями для промышленных предприятий, а также серьезным загрязнением водоемов.
II	Более 100	Более 10000	Более 50	Особо ответственные, авария которых не сопряжена с катастрофическими последствиями. Вызывает затопление, отравление и загрязнение водоемов.
III	100 - 10	10000-5000	50 - 20	Малоответственные, авария которых не может вызвать серьезных последствий для населенных пунктов и предприятий.

Продолжение таблицы 1.2

IV	Менее 10	5000 - 1000	Менее 20	Хранилища в незастроенных местностях. Авария вызывает затопление земель и загрязнение водоемов, которые не пригодны к использованию в данное время.
V	Менее 10	Менее 1000	Менее 20	Временные сооружения, авария которых вызывает затопление земель и загрязнение водоемов, которые не пригодны к использованию в данное время.

Борта и днище хвостохранилища должны иметь гидроизоляционный слой.

Для хвостохранилищ, которые содержат вещества 1, 2 и 3 классов опасности должны быть разработаны и утверждены «Декларации по безопасности».

На намывных хвостохранилищах, которые содержат вещества 1,2 и 3 классов опасности, после первых пяти лет работы и через каждые 10 м наращивания дамбы, должна быть проведена проверка на ее устойчивость. Также должны быть проведены физико-механические характеристики «хвостов» на соответствие их требованиям;

Отстоявшаяся вода, обязательно должна подвергаться очистке и сбрасываться в водоёмы или возвращается для технологических нужд на обогатительную фабрику [11].

На состояние дамб, на влияние хвостохранилищ на окружающую среду должна быть разработана и внедрена система мониторинга.

Также необходимо уменьшение фильтрационных потерь на основе таких инженерных решений как максимальная гидроизоляция, устройство дренажей для сбора фильтрационных вод, их последующее возвращение в прудок самого хвостохранилища. Увеличение доли оборотной воды. Организация мониторинга подземных вод и сети наблюдательных скважин.

Одно из важных условий безопасности хвостохранилищ это соблюдение технологического баланса между объемом поступления в отстойный пруд хвостовых вод и возвратом уже осветленных вод в технологический процесс с учетом количества объема испарения и атмосферных осадков.

Система оборотного водоснабжения, по своей конструкции, должна полностью исключить сброс дебалансных вод из хвостохранилища. Для экстренного сброса в районе хвостохранилища необходимо предусмотреть специальный зумпф, с последующим возвратом из него жидкости в технологический процесс или удалением ее в соответствии с санитарными требованиями [11].

Особенности местности должны быть такими, чтобы площадка хвостохранилища и территория санитарно-защитной зоны не подвергались затоплению паводковыми водами и в прудок хвостохранилища не поступали поверхностные воды с окружающей местности, чтобы не допустить его переполнения.

Для перехвата поверхностных вод в случае затопления необходимо предусмотреть надежные и объемные отводные нагорные канавы. У основания дамбы, по периметру хвостохранилища, необходимо иметь сооружения для перехвата и возврата вод в хвостохранилище или в технологический процесс.

По дну котлована при проектировании и строительстве хвостохранилища обязательно предусматривается укладка водоупорного слоя из полимерной пленкой и глинистого материала. Гидроизоляция с помощью только одной пленки недопустима.

В пределах санитарно защитной зоны хвостохранилища запрещается строительство любых объектов, не связанных с их эксплуатацией.

Хвостохранилища являются мощным приземным источником поступления токсических загрязнителей в окружающую среду, в силу того, что они имеют большую открытую поверхность, которая сложена мелкодисперсным пылящим материалом с различной крупностью частиц.

Основными пылящими поверхностями являются наружные откосы ограждающих дамб и высохшие поверхности отработанных территорий хвостохранилищ.

Отсюда следует, что необходимы:

- сокращение пыления путём смачивания хвостов;
- создание наиболее эффективных санитарно-защитных зон вокруг хвостохранилищ;
- рекультивация на основе связывания материала хвостов химическими соединениями;
- землевания хвостохранилищ;
- их самозарастание или лесопосадки.

#### Аварийные ситуации

При аварии на хвостохранилище, самая неблагоприятная экологическая ситуация может сложиться в результате прорыва ограждающей дамбы [12].

Почти все аварийные ситуации, связаны с овражно-балочными хвостохранилищами, которые расположены в горной местности, на круто падающих склонах. Одной из причин создания аварийной ситуации было переполнение чаши хвостохранилища. Это может произойти при обильном снеготаянии в горах, бурных ливневых потоках, в случае когда нагорные отводные каналы не справляются со своими функциями.

Прорыв ограждающей дамбы обычно носит локальный характер. В образовавшийся прорыв вырывается значительная часть содержимого чаши, высокоактивную иловую часть хвостов. Радиоактивная пульпа может растечься на большую территорию вниз по рельефу, загрязняя ее, если экстренно не принять меры по локализации потока или экстренного закрытия прорыва дамбы с помощью обвалования или других мер [12].

Ликвидация таких аварий приводит к остановке производства, проведением земляных работ по восстановлению и укреплению дамбы, очистке загрязненной территории от пульпы и возвращению ее в хвостохранилище. Для

предотвращения подобных аварий на хвостохранилищах, ниже по рельефу сооружают еще одну страховочную дамбу.

На случай разрушения водосборных сооружений или дамб должны быть определены:

- границы опасной зоны;
- границы зоны затопления;
- границы загрязнения подземных вод;
- границы загрязнения поверхностных вод и последствия этих загрязнений;
- загрязнение воздушного бассейна.

## **2 Общие сведения о предприятии**

### **2.1 Характеристика золоторудного предприятия «Макмалзолото»**

Золоторудное месторождение Макмал расположено в Жалал-Абадской области, Кыргызской Республики. Предприятие “Макмалзолото” было создано на базе месторождения Макмал, карьер сдан в эксплуатацию и выведен на промышленную мощность по добыче руды в 1992 году.

Верхняя высотная отметка карьера составляет 2810 м. Среднее содержание золота в шихтованной массе руды, поступающей на обогатительную фабрику, составляет 3,5 г/т. Добывается около 2,5 тонн в год.

Месторождение расположено на северном склоне горного хребта Ак-Шыйрак в районе активных ледников, вечной мерзлоты, возможного схода снежных лавин и сейсмической активности. Координаты промышленной площадки 41<sup>0</sup> северной широты и 78<sup>0</sup> восточной долготы. Промышленная площадка предприятия находится на высоте от 3600 м до 4200 м над уровнем моря в верховьях реки Нарын.

Площадь, занимаемая предприятием, ранее использовалось как летнее пастбище для скота, окружающая территория используется в этих целях и в настоящее время [13].

Почвы долины реки Нарын относятся к типично высокогорным, альпийского типа и по условиям близки к арктическим тундровым почвам. Они формировались на вечной мерзлоте в условиях сурового климата и в результате чего имеют небольшую мощность и бедно структурированы.

Месторождение золота разрабатывается открытым карьерным способом. Технологическим процессом извлечения золота предусмотрено флотирование измельченной руды, экстракции золота из концентрата цианистыми щелочами с последующим его осаждением на активированном угле. После переработки хвосты обогащения направляются по трубопроводу в хвостохранилище, которое расположено в 600 метрах от горнодобывающего предприятия [13].

Схема основного производства предприятия «Макмалзолото» представлена в приложении Б.

Основная технологическая схема основных производств золотодобывающего предприятия «Макмал золото» представлена на рисунке 2.1.



Рисунок 2.1 – Технологическая схема основных производств горнодобывающего предприятия

Состав очистных сооружений комплекса типичен для удаленных золотых рудников и включает сооружения по очистке производственных сточных вод, вахтовый поселок, водозаборные сети и сооружения, очистные сооружения бытовых сточных вод.

Конечным продуктом переработки руды на обогатительной фабрике являются золотые слитки, произведенные из переработанной руды в количестве около 21200 т. руды в сутки.

Использование благородных металлов в качестве валютных ценностей требует получение их в состоянии высокой чистоты. Это осуществляется путем аффинажа, производимого на специальных заводах или в аффинажных цехах металлургических предприятий. Современная техника аффинажа основана преимущественно на электролитическом осаждении химических соединений металлов. Наряду с этим, иногда применяется очистка металла в процессе плавки реагентами, удаляющими примеси из состава аффинируемого металла [13].

Почвы на данной территории, относятся к типично высокогорным, альпийского типа. Характер грунта суглинок, глубина промерзания на глубине 1,5 м от поверхности земли.

Почвы, образовались в суровых климатических условиях и в присутствии близкой к поверхности вечной мерзлоты, поэтому они маломощные и бедны по структуре. Почвы имеют довольно хрупкую структуру, которая легко может быть разрушена.

## **2.2 Технология основных производств и технология аффинажного цеха**

Технология переработки золотосодержащих руд горнодобывающего предприятия состоит из следующих основных операций:

- Добыча руды в карьере буровзрывным методом;
- Транспортировка руды к рудному отвалу и порода к отвалам пустой породы;
- Дробление и измельчение;
- Флотация;
- Сорбционное выщелачивание;
- Десорбция золота с активированного угля;

- Реактивация использованного угля;
- Электролиз десорбционного раствора;
- Плавка.

Добыча руды. Добыча руды в карьере ведется буровзрывным методом. Отбитая руда загружается экскаватором в автотранспорт и перемещается в отвалы. Пустая порода размещается в отвалах. Для исходной руды предусмотрены 4 рудных склада. Из рудных складов руда экскаватором грузится в автосамосвалы, а затем загружается в конусную дробилку, после чего конвейером питания отвала перемещается на склад дробленой руды [13].

Дробление и измельчение. После дробления на дробилке, руда подается конвейерами на накопитель дробленой руды, расположенный в непосредственной близости от перерабатывающей фабрики. Дробленая руда поступает на фабрику с помощью бульдозера, перемещающего руду к бункеру конвейера, через три пластинчатых питателя с регулируемой производительностью 0 – 450 т/час и далее подается в цикл измельчения. В корпусе первичного дробления имеется три системы вытяжной вентиляции, для очистки на каждой используются рукавные фильтры. Уловленные частицы поступают в контактный аппарат для распульповки пыли участка крупного дробления.

После измельчения руда сортируется по размеру на грохоте, из которого надрешетный продукт попадает через конвейеры на галечную дробилку и после измельчения опять возвращается на мельницу первичного дробления. Подрешетный продукт (размер менее 20 мм) насосами перекачивается на горизонтальный виброгрохот, из которого надрешетный продукт возвращается на мельницу первичного дробления, а подрешетный (размер менее 4 мм) подается на блок гидроциклонов. Нижний слив гидроциклонов (пески) подается на мельницу вторичного измельчения, а верхний слив (размером менее 180 мм) на процесс флотации. Поскольку процесс измельчения происходит с водой, специальной системы вентиляции не предусмотрено [13].

Дробление при одностадийных операциях с использованием пылеуловителя: 37 кг/день;

При дроблении, что это операция контролируется с эффективностью 70% 118 кг/день.

Выбросы по воздуху золотодобывающего предприятия.

Первичные выбросы при горных и обогатительных работах включают:

- Операции в карьере;
- Откатка руды на дробильную мельницу;
- Операция дробления;
- Транспортировка руды конвейером на обогатительную фабрику;
- Источники летучих компонентов.

Сводка выбросов взвешенных частиц. Операции в карьере

- Бурение и взрывание 2,5 кг/день
- Погрузка 132 кг/день
- Ветровая эрозия карьера и отвала 307 кг/день
- Транспортировка по невымоощенным дорогам при увлажнении

дорог в сухую летнюю погоду

Рудный склад

- При влажности руды 3% площади поверхности примерно 0,5 га при производительности 13200 т/д- 22 кг/день

- Другие действующие отвалы пустых пород активной площадью 2 га при норме доставки 30000 т/ день: 42 кг/день.

Флотация. Метод обогащения полезных ископаемых основан на способности минералов удерживаться на межфазовой поверхности, обусловлен различием в удельных поверхностных энергиях. Частицы минералов, плохо смачиваемые водой (гидрофобные), избирательно закрепляются на границе раздела фаз, обычно газа и воды, и отделяются от частиц, хорошо смачиваемых водой (гидрофильных).

Флотация применяется для очистки воды от твёрдых взвесей, органических веществ, разделения смесей и ускорения отстаивания.

В процессе флотации используется два параллельных ряда из девяти флотационных аппаратов. Концентрат флотации подается на высокоскоростной промывочный сгуститель и далее нижний слив на гидроциклоны. Верхний слив осветленной воды из сгустителя подается в емкость оборотной воды для повторного использования. Верхний слив гидроциклонов подается в сгуститель питания сорбции, нижний слив проходит мельницу доизмельчения, где размер кусков руды уменьшается до 20 мм, и подается опять на гидроциклонирование. Хвосты флотации подаются на сгуститель хвостов флотации [13,14].

В качестве реагентов на процессе флотации используются:

- Коллектор (для покрытия частиц пирита с золотом тонкой маслянистой пленкой, придающей частицам гидрофобности);
- Вспениватель (для создания устойчивого пенного слоя во флотационных аппаратах);
- Флокулянт (для осаждения взвешенных частиц в пульпе в сгустителе за счет повышения сцепления их между собой).

Сорбционное выщелачивание. Существуют две цепочки сорбционного выщелачивания.

Первая для концентрата флотации из пяти аппаратов и вторая для хвостов флотации из 4 аппаратов.

Для сорбционного выщелачивания в 1, 3 и 4 аппараты первой цепочки подается цианистый натрий. Все аппараты оборудованы мешалками и во все подается сжатый воздух. На прохождение пульпы со скоростью 110 т/час уходит 60 часов. Пульпа переливом проходит все аппараты, в противотоке перегружается активированный уголь. В каждом аппарате на внутреннем виброгрохоте находится 42 т угля. Дважды в день из аппарата удаляется 7 т угля. Из первого аппарата насыщенный уголь поступает на дальнейшую обработку, а в последний добавляется свежий, реактивированный уголь.

Обеззолоченная пульпа из последних аппаратов каждой цепочки проходит через предохранительный виброгрохот для полного улавливания частиц угля и далее сбрасывается на хвостохранилище.

Системы отдельной вытяжной вентиляции для процесса сорбционного выщелачивания не предусмотрено.

Десорбция. Насыщенный золотом уголь проходит кислотную обработку (азотной кислотой) в двух колоннах емкостью 7 т каждая, а затем промывается 1% раствором каустической соды с нагреванием до 130<sup>0</sup>С в герметичных колоннах десорбции (две колонны емкостью 7 т каждая) под давлением 500 кПа.

Уголь, прошедший процесс десорбции, проходит через грохот для отделения мелкой фракции, затем подается в печь для реактивации, где нагревается до 650<sup>0</sup>С для удаления всех органических и неорганических примесей, которые накапливаются в технологическом процессе. Затем уголь охлаждается водой и повторно проходит через грохот, после чего он готов для использования в процессе сорбции [13,14].

Насыщенный золотом раствор подается на следующий передел. Основные реагенты, используемые в технологическом процессе:

- Азотная кислота;
- Каустическая сода;
- Электролиз десорбционного раствора.

Электролиз происходит в 4 электролизерах, состоящих каждый из 18 анодных пластин из нержавеющей стали и 18 катодных пластин из нержавеющей сетки. После насыщения катодов золотом, они промываются в боксе промывки и золото в виде шлама опускается на дно бокса. Золотой шлам из промывочного бокса подается на шламовый фильтр для удаления воды, а вода подается в емкость-сборник для обеззолоченного раствора.

Плавка. Мокрый золотой шлам вручную помещается в сушилку, затем взвешивается перед загрузкой в печь. Аналогично взвешиваются все компоненты флюса во флюсовой камере и затем флюс смешивается со шламом.

Для плавки используется индукционная печь. Содержимое печи нагревается до 1200<sup>0</sup>С для расплавления всех компонентов. Различные примеси в золотом шламе соединяются с компонентами флюса и образуется шлак, который всплывает по верх золотого расплава. По завершении плавки шлак с поверхности расплава сливается в формы для шлака [13,14].

Газы и пыль из печи удаляются с помощью вытяжного вентилятора, предварительно проходя через скруббер, где все уловленные частицы перекачиваются в камеру очистки катодов для соединения с золотым шламом.

В качестве реагентов используются флюсы.

Удаление хвостов. Хвостовая пульпа с обогатительной фабрики перед отправкой на хвостохранилище поступает в сгуститель, а верхний слив подается обратно в процесс.

Хвостовая пульпа подается на хвостохранилище по пульпопроводу. В атмосферу происходит выделение цианистого водорода.

Вспомогательное производство

Кроме перечисленных выше основных технологических процессов имеется еще несколько вспомогательных производств, являющихся источниками выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.

Узел приготовления флотореагентов оборудован системой вытяжной вентиляции, не имеющей системы газоочистки.

Узел реактивации и классификации по крупности активированного угля имеет систему вытяжной вентиляции без системы очистки от газов, образующихся при выгорании органических и неорганических примесей в угле.

Участок приготовления раствора цианистого натрия оборудован вытяжной вентиляцией.

Склад азотной кислоты не оборудован системой вытяжной вентиляции ввиду отсутствия выбросов.

Участок приготовления известкового молока оборудован двумя системами вытяжной вентиляции. Одна из систем оборудована скруббером для очистки выбрасываемого воздуха.

Горное оборудование для золотодобывающего предприятия выбирается с учетом ежегодных темпов производительности по отработке руды, забалансовой руды и пустых пород [14].

#### Пустые породы

Пустые породы вскрывши общим объемом около 272 млн.т будут размещены в двух отвалах, расположенных рядом с карьером. Пустые породы с высотных от лоток свыше 4034 м будет переводиться в северном направлении для размещения в долине ручья, в то время как пустые породы с отметок ниже 4034 м будут транспортироваться на северо-восток вдоль главного откаточного пути и размещаться в устье ручья.

Если потребуется, пустые породы будут использоваться для строительства и ремонта дорог, а также для планировки участка застройки.

#### Образующиеся отходы

На предприятии при переработке золотосодержащей руды образуются следующие виды отходов:

1 – хвосты обогащения, размещаемые в хвостохранилище.

Отходы процессов обогащения полезных ископаемых. Хвосты содержат остатки реагентов, используемых при извлечении золота.

2 – безопасные промышленные и бытовые отходы, размещаемые на специальном хранилище, расположенной в непосредственной близости от хвостохранилища.

3 – отвалы пустой породы. Пустые породы размещаются в отвалах, расположенных рядом с карьером. Пустые породы используются для строительства и ремонта дорог.

Избыточные очищенные производственные стоки сбрасываются в хвостохранилище и очищаются от цианидов за счет процессов естественного разложения, далее происходит очистка с последующим отстоем стоков в пруде-отстойнике перед сбросом.

Все хозяйственно-бытовые сточные воды проходят очистку на очистных сооружениях, затем сбрасываются в сухое русло ручья в пойме реки.

Сброшенная сточная вода скапливается в русле сухого ручья, не доходя до реки 80 м, что не исключает возможности просачивания сточных вод в реку, в результате инфильтрата, а также в результате паводков [14].

#### Подземные воды

Состояние подземных вод в окрестности предприятия определяется наличием вечной мерзлоты, которая распространяется до глубины 250 м. Здесь установлены две подземных вод:

1. постоянного течения подземных вод в верхнем слое вечной мерзлоты внутри коренных и рыхлых отложений

2. сезонного движения подземных вод в верхнем слое вечной мерзлоты. Которая оттаивает в период повышения температуры воздуха (активная зона).

Поверхностные воды в окрестности предприятия слабощелочные. Содержание питательных веществ в них обычно не высокое, а основная часть азота находится в неограниченной форме. Жесткость воды от умеренной до жесткой.

#### Технология аффинажного цеха

Основное сырье, поступающее на плавку перед аффинажам:

1. Шлиховой металл, полученный при обогащении россыпей золотых и платиновых.
2. Металл получаемый в результате обработки цианистых осадков.
3. Металлический лом технических и бытовых изделий.

Перед аффинажем металл содержащий золото и серебро, расплавляют для получения однородного слитка [14].

#### Хлорная плавка

Процесс хлорирования предназначен для удаления из чернового золота сплава Доре, основной массы примесей: серебро, медь, цинк, железо и получения чернового золота частотой меньше 95 процента для дальнейшего аффинирования методом электролиза.

Сплав Доре – серебряно-золотой сплав, получаемый на золоторудных месторождениях, который отправляется на аффинажный цех для последующей очистки.

Аффинажный цех принимает сплав Доре, содержащий не менее 70 % золота или серебра.

Слитки сплава Доре, прошедшие приемную плавку, загружают в графитовый тигель, смещенный в индукционную печь. Для образования пленки флюса, препятствующего возгону золота и предохраняющего стенки от коррозии, а также для предварительной отгонки легкокипящих примесей (Fe, Zn, Pb) в тигель загружают NaCl – 0,5 кг, AgCl – 1,5–3,0 кг. После расплавления металла, прекращения интенсивных газовыделений и достижения температуры расплава 1150<sup>0</sup>С, в тигель вводят трубку кварцевого стекла с внутренним диаметром 18мм, для подачи хлора. Трубка зафиксирована в тигле специальным зажимом так, чтобы она не доходила 10-15 мм до дна тигля и затем подается в нее хлор. Подачу хлора контролируется с помощью ротаметра.

Процесс хлорирования ведется 2 – 12 часов, в зависимости от содержания примесей в входном продукте. Температура процесса 1100 – 1200<sup>0</sup>С. Расход хлора в процессе хлорирования додерживается на уровне 300-900 л/час, в зависимости от поведения расплава, то есть подача пара отрегулирована так, чтобы не допустить разбрызгивание расплава. Вначале плавки, пока изгоняются низкокипящие окислы железа и свинца, расход хлора не большой, затем при прекращении обильных газовыделений, расход хлора необходимо увеличить и в конце плавки снизить, чтобы отогнать хлориды золота.

#### Разделительная плавка

Разделительную плавку проводят для удаления из шлаков полученных в процессе хлорирования из шламов электролиза золота. Шлаки от хлоридных плавков и шламы электролиза золота, выпущенные при температуре 250-350<sup>0</sup>С, загружают графитовый глазурованный тигель и нагревают. После достижения температуры расплава 1100 – 1150<sup>0</sup>С, расплав выдерживают 10 минут, затем

выключить на 30-40 минут для кристаллизация золота в тигле, шлаки смывают в разливочный тигель и вливают в ванну с водой. Металл расплавляют, и выливают на литье золотых анодов [14].

### Электролиз золота

Сам процесс электролиз представляют собой совокупность процессов электрохимического окисления, восстановления происходящих на погруженных электродах при прохождении электрического тока. Электролиту проводят в специальном устройстве которое представляет собой аппарат для проведения электролиза расплавов или растворов, включающий электролизную ванну, катоды, аноды, устройство выработки энергии постоянного и переменного тока. Электролизер заполняют специально жидкой средой, называемой электролитом. Электролиты, химические вещества и системы, в которых прохождении электрического тока осуществляются за счет движение ионов сопровождается электролизом. В электролизер завешивается катоды и аноды в кассетах. Электролизер нагревается 60-65 °С и на электроды подается напряжение 3,0 – 3,5 Вольт, катодная плотность тока 600 – 900А/м [14].

Сушка. Промытое катодное золото укладывается в титановую корзину и помещается в шахтную печь. Прокалка производится при температуре 400 – 500°С в течении 2 – 3 часов, после охлаждения из катодного золота вырезаются дефектные участки, кондиционное катодное золото направляется на чистовую плавку, в готовую продукцию – слитки золота.

## **2.3 Характеристика предприятия как источника загрязнения**

Проведенный анализ месторождения данного золотодобывающего предприятия, процессов разработки рудника и переработки руды, позволил выявить источники вредного воздействия на окружающую природную среду.

Многолетняя и интенсивная разработка золотых россыпей на золоторудных месторождениях является огромным фактором преобразования окружающей среды. Интенсивной нагрузке и преобразованию, как от

источника загрязнения, подвергаются почвы, недра, поверхностные воды, подземные воды, атмосферный воздух, растительный и животный мир.

В результате накопления отходов горнодобывающего производства создаются специфические техногенные ландшафты.

Твердые и жидкие отходы

Неопасные твердые отходы на золото перерабатывающем предприятии включают:

- Строительный мусор;
- Хозяйственные отходы жилого поселка и управленческого комплекса;
- Отходы из карьера и обогатительной фабрики;
- Кухонные отбросы;
- Осадок с очистных сооружений бытовых сточных вод.

Участок размещения твердых отходов расположен к востоку рядом с площадью хвостохранилища. Мусор и кухонные отбросы размещены на этой территории путем использования модифицированного метода заполнения траншей. Мусор и кухонные отбросы помещены в выкопанные экскаватором траншеи двухметровой глубины и покрыты полуметровым слоем земли [15].

Опасные твердые отходы собираются и хранятся в надежных местах на территории предприятия. Отходы вывозятся на специальные полигоны захоронения отходов за пределами предприятия.

Растворители и отработанное машинное масло складироваться в надежных контейнерах, а затем отправляются на переработку или на полигоны захоронения.

На руднике существует три вида отходов:

1. Хозяйственно-бытовые отходы из столовой, лагеря, служебных помещений;
2. промышленные твердые отходы и жидкие отходы (нефтепродукты) из ремонтных мастерских и фабрики;

3. вредные отходы, включая отработанные аккумуляторы, химикаты, а также упаковочные материалы.

Хозяйственно-бытовые отходы – свалка бытовых отходов была покрыта трех метровым слоем земли, оконтурена и заново засеяна семенами растительности.

Производственные отходы – состоящие из шин, металлолома, бочек из-под масла, а так же использованного масла из ремонтных мастерских размещают в специальном месте в пределах границ бассейна хвостохранилища, предназначенном для размещения всех образуемых на руднике производственных отходов.

Вредные отходы – в отвалах вредных отходов, устроенных в пределах границ бассейна хвостохранилища размещают упаковку из – под цианидов, бочки из-под ксатогената, мешки из-под кальцинированной соды и другие упаковочные материалы с фабрики , а т различные бытовые, включая пищевые отходы. Перед размещением в отвале бочки прокалываются и сплющиваются на фабрике. По мере заполнения хвостохранилища вредные отходы будут погребены под хвостами и впоследствии замерзнут. Фильтрат из свалок отводится в хвостохранилища и затем подвергается очистке [15].

#### Открытый карьер

После прекращения добычи руды открытый карьер заполняется водами (инфильтрация подземных вод, атмосферные осадки и поверхностный сток). Со временем эта вода замерзает и карьер окажется заполненным льдом. Других, каких либо восстановительных мер не предусмотрено.

#### Отвалы руды

Вся руда, размещенная в отвалах около дробилки и фабрики будет переработана. Материал под отвалами будет исследован и если качество воды поверхностного стока с отвалов не отвечает установленным требованиям, то верхний слой почвы будет снят и размещен в открытом карьере.

#### Химикалии и отходы

Все химикалии будут вывезены с площадками и либо возвращены к поставщику, либо проданы. В процессе работы рудника все опасные отходы будут в установленном порядке вывозиться с площадки и регенироваться или размещаться на специальных полигонах [15].

#### Регенерация активированного угля

Выгруженный активированный уголь промывается разбавленным кислым раствором для удаления осадка кальция. После кислотной промывки золото отделяется от угля. Промывочная вода и кислый промывочный раствор перекачиваются в накопитель хвостов. Оставшаяся кислая промывочная вода снова направляется для использования в процессе.

Золото отделяется от активированного угля при  $t^{\circ} 110^{\circ} \text{C}$  в щелочных растворах содержащих 3% цианида и 3% Na OH. Отдельный уголь доводится до кондиции и возвращается в последнюю емкость линии.

Деградация этих экосистем обусловлена масштабами накопленного экологического ущерба, а также тем, что содержание опасных токсикантов или тяжелых металлов, ионов серной кислоты и ряда других источников загрязнений, местами превышает их предельно допустимые концентрации. Близость районов золотодобычи и сопряженной с ней территории, определяет их непосредственное влияние на здоровье людей.

Изменение окружающей среды в природной системе золотодобывающего предприятия определяется физико- географическими и геологическими условиями, а так же применяемыми технологиями золотодобычи на данном предприятии. Последние определяют специфику источника загрязняющих веществ и их свойства [15].

В зоне воздействия золотодобывающего производства подземные воды приобретают химический состав, который близок к своему составу к подотвальным водам вблизи карьеров. Наряду с известными загрязнениями подземных вод ртутью, медью, цинком, железом, сульфат-ионом с многократным превышением ПДК, в подотвальных водах так же отмечены редкие металлы, что отражается на составе подземных вод. Усредненные

количественные показатели микроэлементного загрязнения подземных вод приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Распределение микрокомпонентов в подземных водах

Элемент	Содержание, мг/л, минимум - максимум	ПДК в питьевых водах (СанПиН 2.1.4.1074-01)
Cu	Сл.-32,0	1,0
Zn	0,05-110,0	5,0
Pb	Сл.-0,074	0,03
As	Сл.-0,001	0,05
Sb	Сл.-0,01	0,05
Mn	Сл.-0,5	0,1
Ni	Сл.-1,0	0,1
Mo	Сл.-0,01	0,25
Ba	Сл.-0,001	0,1

Сложное геологическое строение и различные высотные уровни территории производства, обуславливают неравномерное распределение солнечной энергии, количества выпадаемых осадков, атмосферного давления, влажности воздуха и другие факторы, находят выражение в почвенном покрове. Разнообразные геологические отложения определяют разнообразие почвообразующих пород, содержание элементов питания травяного покрова, а также микроэлементов и тяжелых металлов, которые богаты Ca, Mg, K, Fe, реже – Zn, Cu, As, Ba, Pb. Развитие данного предприятия привело к формированию карьерно-отвальных техногенных ландшафтов, особенностью которых является превышение ПДК по меди, цинку, барии, железу, марганцу, ртути, свинцу и другим элементам. Загрязнение почв происходит как инфильтрационным путем, так и аэрогенным путем. Фильтрат хвостохранилищ сквозь дамбы приводит к загрязнению тяжелыми металлами и сульфат-ионом почв прилегающих территорий. Наибольшее содержание тяжелых металлов в почвах характерно для зон радиусом до 3 – 5 км от источника самого

загрязнения. Концентрация подвижных форм превышает ПДК Cu до 10; Zn до 2; Pb до 5 раз. Загрязнение почвы происходит преимущественно аэрогенным путем, а так же за счет транспортировки руд и их переработки и дефляции с отвалов. В непосредственной близости от отвалов почвы так же загрязняются подотвальными стоками [16].

При изучении воздействия объекта золотодобычи на растительный покров данного промышленного предприятия, анализировались содержания тяжелых металлов, сульфат-ионов в дикорастущих и культурных растениях, изучено воздействие на растения и отдельные ткани близ горнодобывающих предприятий. Концентрация тяжелых металлов в растительном покрове вблизи горнодобывающего предприятия коррелирует с содержанием их в почвах, с образованием зон с повышенными содержаниями рудных элементов таких как Zn, Cu, Fe, Cd.

Изменчивость содержаний тяжелых металлов в растениях определяется их валовым содержанием в почвах, степенью их доступности растениям, физико-химическими свойствами почв, рН среды, гранулометрический состав, содержание органики и другие факторы, а также видовыми особенностями растений на данной территории, физиологической ролью металлов и интенсивностью нагрузки [16].

Сульфиды железа, меди, цинка, свинца, мышьяка, сурьмы и некоторых других тяжелых металлов, которые являются характерными минеральными спутниками практически всех золоторудных месторождений при окислении выщелачиваемые и заменяемые вторичными минералами.

С экологическим воздействием технологических реагентов изучено взаимодействие с окружающей природной средой отходов производства, таких как отвалы вскрыши, которые содержат сульфидизированные породы и забалансовые руды; пиритные хвосты флотации, промывка россыпей, кеки и хвосты цианидного выщелачивания.

Значительное нарушение поверхности при открытой разработке месторождений карьерами резко возрастает масса извлекаемой породы.

Серьезной проблемой являются рудничные воды, которые обогащены рудными элементами, некоторые из них являются токсичными. Одним из важных факторов загрязнения природных вод являются минеральный состав и длительность хранения отвалов вскрыши.

Влияние отвалов окисленных пород и руд имеют менее негативное последствие, чем отвалы сульфидизированных пород и руд. Воды, которые фильтруются в окислительной обстановке через породы, которые содержат сульфидные минералы, накапливают токсичные элементы в опасных концентрациях [16].

Химический состав поверхностных вод золотодобывающей территории формируется под влиянием отвалов, хвостохранилищ, подотвальных и шахтных вод. Истощение грунтовых вод на территории горных выработок, осушение поверхностных горизонтов влияют на состояние почв, растительного покрова, величину поверхностного стока и обуславливают изменение ландшафта в целом. Обобщенные количественные оценки интенсивности загрязнения природной среды токсичными элементами в горнорудных районах, в зоне влияния золотодобывающего обогатительного предприятия указано в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Кратное превышение ПДК загрязняющих веществ в компонентах природной среды в пределах влияния золотодобывающего предприятия

Предприятие, объект	Атмосфера	Воды (ПДК в питьевых водах, СанПиН 2.1.4.1074-01)		Растения	Снег (ПДКрх)	Почвы
		поверхностные	подземные			
Золотодобывающее предприятие «Макмалзолото»	Cu 1,5 Zn 2,3 Cd 1,4	SO <sub>4</sub> 3-42; Cu 2- 33 (до 730); Zn до 675; Mn 10-70; Fe 3-5	Cu 32; Zn 22; Pb 2,5; Mn 5; Ni до 10	Zn 2-8 Cu 1,4-2 Hg 1,2-2	Fe до 5340; Cu 10- 400 (до 10200); Zn 5-150 (до52); Mn 7- 16; Hg до11; Pb 2- 10	ПДКвал. Cu -10; Zn 5-50; Pb 1 - 20; Cd 3 – 12; As - 2; V -3. ПДК подвижных форм: Cu до 12 Zn до 3,3 Pb до 7

## 2.4 Производственные сточные воды

В результате принятого процесса извлечения золота и с учетом характеристик сточных вод были рассмотрены альтернативные варианты очистки сточных вод. В связи с тем, что отдельные процессы или комбинации, которые обычно используются при золотоизвлечении, сопровождаются выделением стоков, содержащих цианиды, рассматривались следующие наиболее распространенные способы очистки сточных вод:

- Естественное разложение
- Щелочное хлорирование
- Разложение аэрированием с использованием  $SO_2$
- Разложение с помощью  $SO_2$  применяемое в производстве
- Обработка перекисью водорода
- Биологическая очистка.

### Станция очистки питьевой воды

Сырая вода подвергается очистке посредством флокуляции, фильтрации и хлорирования.

Для облегчения процесса флокуляции сырая вода при поступлении на станции очистки питьевой воды подвергается аэрации. Для уменьшения взаимного отталкивания коллоидных частиц добавляется полиэлектролит, а для проведения флокуляции и коагуляции – квасцы. После этого вода проходит камеру отстойник. После отстаивания, вода фильтруется через песок для удаления оставшегося после резервуара отстойника осадка. Затем вода фильтруется через активированный уголь для придания ей соответствующих органолептических свойств (вкус, запах, цвет). Для дезинфекции добавляется определенная доза хлора и поступает в резервуар, где в течение достаточного времени контакта с активным хлором завершается процесс дезинфекции [17].

В настоящее время нет единой технологической схемы процессов очистки сточных вод предприятий, добывающих руду. Трудности в

составлении такой схемы возникают из-за материальных затрат на сооружения установок, иногда весьма большого объема сточных вод и географического расположения данного горнодобывающего объекта. Однако сточные воды предприятий горнодобывающего комплекса представляют огромную опасность для поверхностных, подземных вод, нарушают гидрологический и гидрогеологический режим территории и в целом наносят вред всей окружающей среде. Примерная технологическая схема представлена на рисунке 2.2.

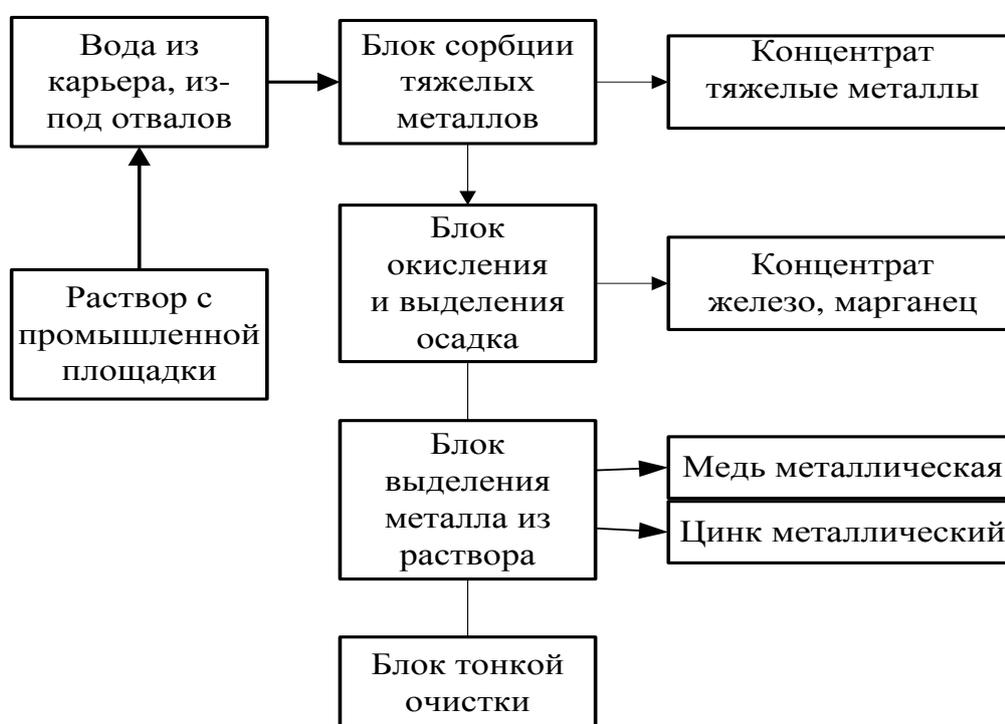


Рисунок 2.2 – Технологическая схема

При построении технологической схемы процессов очистки сточных вод на данном горнодобывающем предприятии, были приняты во внимание следующие факторы:

- промышленные сточные воды, в которых присутствует высокое содержание ионов металла, локализованы (отстойники, площадки отстойников, хвостохранилища, пруды – накопители или затопленные карьеры);
- концентрация ионов тяжелых металлов снижается до величины, которая приемлема для дальнейшей очистки воды, в случае просачивания из карьера в карьер;

Для выделения металлов из разбавленных растворов применены физико-химические методы. Метод является весьма эффективным.

В местах выхода подотвальных вод оборудован гидроизолированный сборник, который имеет вид прямоугольного бассейна определенной емкостью. Из данного бассейна – сборника кислые воды при помощи насоса подают в технологический модуль. Там и происходит их первичная очистка:

- окисление фотоиницированным озоном с последующим выделением на гидроциклоне и фильтре осадка, смеси окислов железа, марганца и т.д.;
- селективная сорбция ионов свинца, мышьяка, ртути, кадмия;
- электроэкстракция меди и цинка.

После первичной очистки сточную воду направляют на нейтрализацию, где происходит нейтрализация на фильтрование, происходит более полная очистка от ионов серной кислоты. За счет образования нерастворимых в воде карбонатов и гидрокарбонатов металлов, которые скапливаются в оборудованных приемках и откачиваются металлов.

## **2.5 Характеристика хвостохранилища**

Хвостохранилище располагается на расстоянии 1 км от фабрики.

В северной и западной стороне построены отводные каналы для отвода поверхностных вод от поверхности хвостохранилища в реку.

Избыточные воды из отстойника хвостохранилища, которые не будут возвращены в технологическую цепочку обогатительной фабрики, будут сбрасываться в теплое время после введения перекиси водорода сульфата меди с предварительным осаждением с помощью сульфата железа. Очистные

сооружения сточных вод состоят из трех последовательных емкостей завершающихся отстойником для осаждения взвешенных частиц. Отработанная вода самотеком сбрасывается в пруд доочистки и затем, если соответствует требуемым нормам, выпускается в природные источники. Осадок откачивается из осветителя и поступает в накопитель осадков и затем перекачивается в хвостохранилище.

Хвосты будут покрыты двухметровым слоем соответствующего материала для минимизации инфильтрации. Откосы необходимо укрепить для предотвращения эрозии. После данных мероприятий, сток воды с поверхности хвостохранилища будет контролироваться. Далее сток будет обрабатываться на сооружениях перед выпуском. Очистные сооружения сточных вод будут работать до тех пор, пока качество очищаемых сточных вод не будет отвечать требуемым нормам, после чего очистные сооружения будут ликвидированы. Восстанавливаемое оборудование будет очищено и вывезено с площадки. Сооружения и отходы вывезены и размещены в открытом карьере. Загрязненные материалы будут вывезены из пруда доочистки сточных вод и размещены в открытом карьере. Район будет спланирован до естественного состояния [18].

Хвосты, цикл их переработки и система обработки сточных вод включает следующее:

- трубопровод для перекачки хвостов обогатительной фабрики в район хвостохранилища
- дамба и бассейн хвостохранилища
- накопитель фильтрационных вод и насосное хозяйство
- накопитель оборотной, технической и трубопроводы
- очистные сооружения сточных вод трубопроводов сточных вод и пруд доочистки сточных вод
- накопитель сточных вод и трубопровод выпуска сточных вод в реку.

Пульпа состоящая на 45% по весу из твердых частиц транспортируется в район хвостохранилища. Хвосты распределяются по площади

хвостохранилища трубопроводами переменного диаметра для равномерного распределения пульпы и промораживанию осадка. Дамбы сооружены из аллювиального материала с синтетической прокладкой со стороны верхнего откоса. Схема хвостохранилища показана на рисунке 2.3.

Насосы, смонтированные на накопителе постоянно перекачивают воду из хвостохранилища обратно на фабрику для использования в качестве технической воды. По трубопроводу вода направляется на фабрику, где предварительно обрабатывается перекисью водорода для снижения содержания цианидов до необходимого уровня и предотвращения осложнения во флотационном цикле [18].

В теплое время года хвостохранилище не требующее перекачку на обогатительную фабрику, очищается на очистных сооружениях сточных вод и направляется в пруд доочистки и для временного хранения.

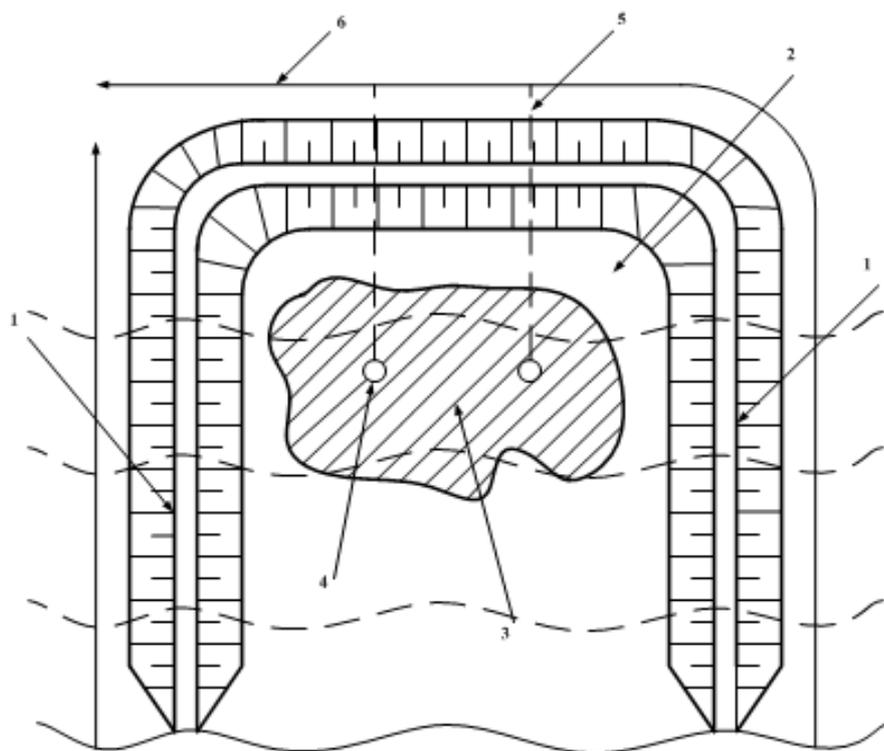


Рисунок 2.3 – Хвостохранилище косогорное, примыкающее с одной стороны к косогору, а с других сторон ограждено дамбами

- 1 – дамба;
- 2 – надводный пляж;
- 3 – прудок отстойник;
- 4 – водосбросной колодец;
- 5 – водосбросной коллектор;
- 6 – сборная канава;

### **2.5.1 Канализационная насосная станция**

Канализационная насосная станция – это целый комплекс гидротехнических сооружений и оборудования, предназначенных для перекачки сточных вод. Насосы – гидравлические машины, предназначенные для перемещения жидкостей под напором.

В тех случаях, когда рельеф местности не позволяет отводить производственные сточные воды промышленного предприятия, самотеком к месту очистки, сооружают канализационные насосные станции. В общей схеме канализационной сети, число насосных станций и место их расположения, выбирают с учетом планировочных, гидрологических и топографических условий местности на основании технико-экономического обоснования всех вариантов [19].

На золотодобывающем предприятии «Макмалзолото» расположена канализационная насосная станция шахтного типа. В плане, имеет круглую форму, что обуславливается опускным способом строительства.

Для канализационной насосной станции большой пропускной способности, которая оборудована насосами со значительной высотой всасывания, целесообразна схема, где располагается отдельно стоящий приемный резервуар.

По своей сути, канализационная насосная станция является герметичной сливной ямой, которая оборудована одним или несколькими специальными насосами.

Наиболее целесообразно канализационные насосные станции размещать рядом с промышленным предприятием, на свободных территориях.

Место расположения канализационной насосной станции должно быть наиболее благоприятным для производства строительных работ по гидрогеологическим условиям, таких как плотные грунты и низкий уровень подземных вод.

## **2.6 Локальные очистные сооружения**

Схема очистки сточных вод ЛОС следующая: неочищенные стоки поступают из лагеря самотеком в отстойный резервуар емкостью 2,5 м<sup>3</sup>, врезанный в линию канализации. В ней происходит осаждение и удаление из сточной жидкости грязи и крупных механических примесей. Затем стоки поступают в аэрируемый резервуар – усреднитель емкостью 36 м<sup>3</sup>, где автоматической системой управления уровня проводится усреднение по объему и по концентрации поступающих на очистку стоков. Система использует аэробный процесс обработки сточных вод активным илом.

Среднесуточный расход предприятия составляет 1037,5 м<sup>3</sup>/сут.

Очистные сооружения сточных вод данного золотодобывающего предприятия включают в себя следующие сооружения: усреднитель, нейтрализатор, осветлитель, накопитель, аэротенк, метантенк, первичный радиальный отстойник, вторичные отстойники, илоуплотнитель, окситенк, станции дозирования [20].

Схема процесса очистки сточных вод на сооружениях очистной станции золотодобывающего предприятия «Макмалзолото» показана на рисунке 2.4.

Подробная схема процесса очистки сточных вод на сооружениях очистной станции представлена в приложении В.

ЛОС были сооружены и введены в эксплуатацию в 1992 г, рассчитанные на среднесуточный расход сточных 700 м<sup>3</sup>/сут. На сегодняшний момент они устарели и требуют проведения модернизации.

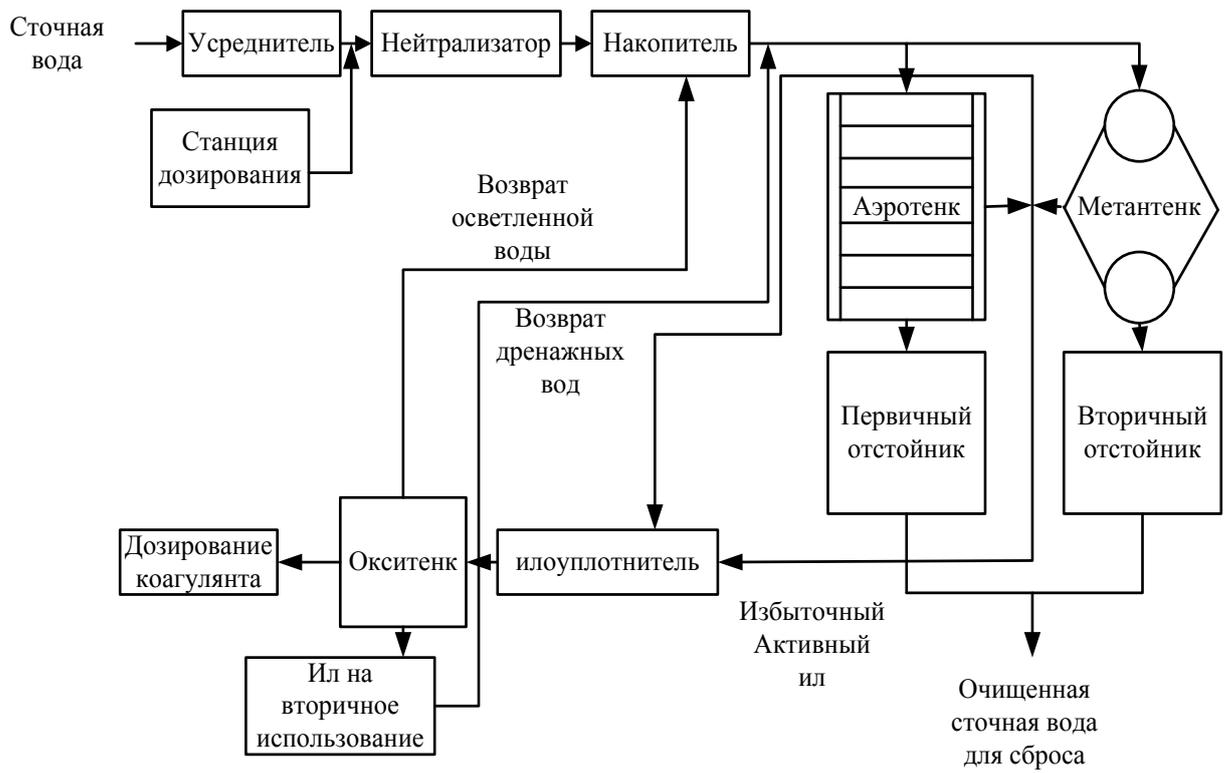


Рисунок 2.4 – Схема процесса очистки сточных вод на очистных сооружениях

### **3 Разработка предложений по оптимизации процессов очистки сточных вод предприятия**

#### **3.1 Оптимизация процессов очистки производственных сточных вод**

В настоящее время, на данном золотодобывающем предприятии, особое внимание уделяется проблеме процессов очистки высоконцентрированных сточных вод, однако оптимальное решение существующей проблемы не найдено. Это связано с неоднородностью и многообразием загрязняющих веществ в составе сточных вод предприятия.

В большей степени это характерно для золотодобывающей промышленности. Существующие очистные сооружения на данном предприятии не справляются с удалением весьма большого количества загрязнений, не обеспечивают полноценную очистку до санитарных норм, производственных сточных вод.

С целью определения состояния существующего оборудования очистных сооружений, с учетом имеющихся данных предлагается оптимизация технологии очистки сточных вод до требуемого качества. Для очистки таких вод используются очистные сооружения по обезвреживанию стоков, содержащих кислотно-щелочные, хромсодержащие, циансодержащие стоки.

Неравномерность поступления сточных вод в отстойники вследствие малого объема накопителя, низкая величину рН нейтрализованных стоков, отсутствие обработки нейтрализованного раствора флокулянтom, является причиной низкой эффективности применяемой технологии очистки [21].

Производственные сточные воды, обезвреженные хромсодержащие и циансодержащие стоки поступают на станцию нейтрализации, на очистных сооружениях. Принципиальная схема станции показана на рисунке 3.1.

Для очистки кислотно-щелочных стоков, в состав очистных сооружений входит такое оборудование как:

- насосная станция и колодец-гаситель;
- нейтрализатор имеющий 2 секции;
- отстойник (преимущественно радиальный);
- нефтеловушка;
- автоматических фильтр-пресс имеющий 4 камеры;
- накопитель щелочных электролитов;
- накопитель кислых отработанных электролитов.

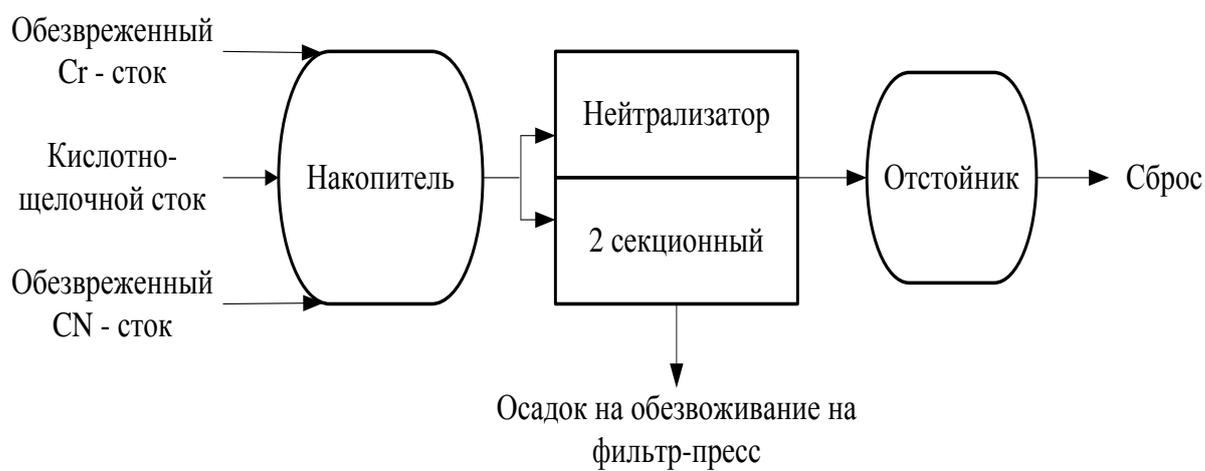


Рисунок 3.1 – Принципиальная технологическая схема станции нейтрализации

Сточные воды промывки собираются в накопитель и затем перекачиваются в нейтрализатор. В нейтрализатор дозируется кислота или щелочь, по показанию рН-метра, далее происходит корректировка рН среды.

В отстойник, куда поступают нейтрализованные стоки, происходит разделение суспензии на непосредственно сам осадок и осветленную часть.

Периодически для обезвоживания, осадок выводится на фильтр-пресс.

Концентрация цианидов в стоках, которые поступают на установку, составляет примерно 5-80 мг/л. Таким образом, в обезвреженных стоках цианиды не обнаруживаются и, следовательно, очищенные стоки сливаются вместе с основным потоком и поступают на очистные сооружения.

В отдельных емкостях собираются производственные хромсодержащие сточные воды, откуда далее перекачиваются на электрокоагуляционной установке в емкость для последующей обработки.

Для снижения концентрации хрома в сточных водах до 50 мг/л, так как концентрация шестивалентного хрома в стоках достигает 500 мг/л и выше, предлагается разбавить стоки водопроводной водой в специальной емкости.

Разбавленный сток подается на электрокоагуляционную установку, которая состоит из приемного резервуара и усреднителя, накопителей сточных вод, специальных баков для растворов NaCl, электрокоагуляторов и т.д.

Далее обезвреженный хромсодержащий сток собирается в специальной емкости и подается в накопитель очистных сооружений, затем смешивается и очищается с основным потоком.

Установка для обезвреживания циансодержащих сточных вод и обезвреживания хромсодержащих стоков, предполагает обеспечение требуемой степени очистки. Обеспечивает восстановление шестивалентного хрома до трехвалентного и высаживание его в виде гидроксида и отсутствие его в воде на выходе из отстойника [21].

Для обеспечения минимизации негативного влияния загрязненных сточных вод, промышленных отходов, хвостов обогащения руды, отвалов вскрышных пород на почвы, поверхностные, подземные воды и атмосферу, при эксплуатации горнодобывающих предприятий, возникают вопросы защиты окружающей среды. В связи с этим, возникает необходимость разработки и реализации целого ряда природоохранных мероприятий, в том числе и оптимизация процессов очистки.

Главными вопросами является эксплуатация имеющихся очистных сооружений для сточных вод обогатительных фабрик и отводимых шахтно-рудничных вод.

К образованию шахтного водоотлива приводит вскрытие водоносных горизонтов при добыче руды.

При попадании сточных шахтных вод в водоем концентрация тяжелых металлов таких как:  $Zn^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Pb^{2+}$  увеличивается в большое количество раз. Это наносит колоссальный ущерб окружающей среде.

Основными мероприятиям по охране водоемов от загрязнения тяжелыми металлами в шахтных водах, является химическая очистка перед сбросом, а так же использование их в водооборотной системе обогатительных фабрик [21].

Нейтрализация известью, как один из традиционных методов очистки, не дает достаточной степени очистки шахтных вод от всех загрязняющих примесей. При этом наблюдается высокий остаточный уровень загрязнения цинком, а цинк является депрессором обогащения полиметаллических руд.

При очистке сточных вод от ионов тяжелых металлов как наиболее дешевых и эффективных минеральных сорбентов, известно применение адсорбционно-ионообменного сорбента.

Данный способ можно использовать в комплексных схемах очистки шахтных вод, как показано на рисунке 3.2.

Очистку шахтной воды с использованием адсорбционно-ионообменного сорбента включает механическую очистку от грубодисперсных примесей, фильтрацию через слой минерального сорбента.

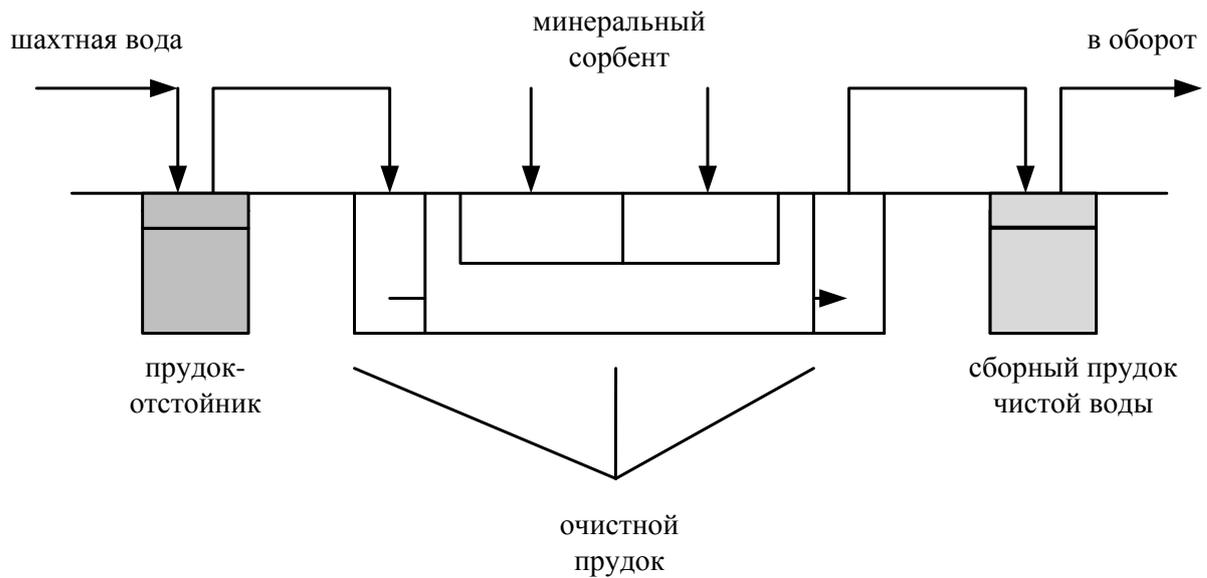


Рисунок 3.2 – Технологическая схема очистки шахтных вод сорбентом

### 3.2 Расчёт хвостохранилища

На период проектного срока эксплуатации, объем хранилища должен быть достаточным для приема хвостов.

$$G_{отх} \cdot t_э / P_{с.отх} \cdot K_{зап}; M^3 \quad (3.1)$$

где  $t_э$  – срок эксплуатации хранилища отходов, лет;

$P_{с.отх}$  – средняя плотность сухих отходов в хранилище,

$K_{зап}$  – коэффициент заполнения хранилища

Заполнение хранилища полностью не возможно, рекомендуется принимать коэффициент заполнения хранилища, равным 0,75 – 0,8.

Расход пульпы 4000м<sup>3</sup>/час.

Расход пульпы по массе определяется:

$$Q_{по\ массе} = 4000 \cdot 1,043 = 4,172 \text{ т/час.} \quad (3.2)$$

Выход хвостов на предприятии по массе:

$$G_{хв.} = Q_{п.по\ массе} \cdot T \cdot Ж = 260,5 \text{ т/час;} \quad (3.3)$$

Годовой выход хвостов, принимается 365 рабочих дней в год на предприятии.

$$G_{хв} = 4,172 \cdot 24 \cdot 365 = 36546720 \text{ т/год.} \quad (3.4)$$

На предприятии образуются примерно 36546720т/год хвостов.

### 3.3 Расчет локальных очистных сооружений

#### Решетки

Для улавливания из сточных вод крупных нерастворенных загрязнений применяют решетки, выполняемые из крупных, прямоугольных или иной формы металлических стержней [22].

Среднесуточный расход предприятия  $Q_{\text{ср.сут.}} = 1037,5 \text{ м}^3/\text{сут.}$

Общий коэффициент неравномерности водоотведения  $k=1,47$ .

Средний секундный расход:

$$q_{\text{ср}} = Q_{\text{ср.сут.}} / (24 \cdot 3600) = 1037,5 / 86400 = 0,2 \text{ м}^3/\text{с} \quad (3.5)$$

Расчетный расход равен:

$$q_{\text{max.}} = q_{\text{ср}} \cdot k = 0,2 \cdot 1,47 = 0,9 \text{ м}^3/\text{с.} \quad (3.6)$$

Принимаем глубину воды в камере решетки  $h_1=1,5 \text{ м}$ , среднюю скорость воды в прозорах решетки  $V_p=1 \text{ м/с}$  и ширину прозоров между стержнями  $v=0,016 \text{ м}$ , число прозоров решетки находим по формуле:

$$n = \frac{q_{\text{max.}}}{v \cdot h_1 \cdot V_p} \cdot k = \frac{0,9 \cdot 1,05}{0,016 \cdot 1,5 \cdot 1} \cdot 1,05 = 41. \quad (3.7)$$

Толщину стержней решетки принимаем:  $S=0,008 \text{ м.}$ , ширину определяем по формуле:

$$B_p = S(n-1) + v \cdot n = 0,008 \cdot (41-1) + 0,016 \cdot 41 = 0,9 \text{ м.} \quad (3.8)$$

где  $n$  – число прозоров;

$h_1$  – глубина воды в камере;

$v$  – ширину прозоров между стержнями.

В соответствии с выполненными расчетами принимаем вертикальную решетку МГ-8Т с камерой, имеющей размеры  $B \times H = 1000 \times 1000 \text{ мм}$ , число прозоров  $n=39$ .

Проверяем скорость воды в прозорах решетки:

$$V_p = \frac{q_{\text{max.}} \cdot K_3}{v \cdot h_1 \cdot n} = \frac{0,9 \cdot 1,05}{2 \cdot 0,016 \cdot 1,5 \cdot 39} = 1,05 \text{ м/сек.} \quad (3.9)$$

Находим длину камеры решетки (конструктивно):  $l_p = l_1 + l_2 = 1,1 + 0,8 = 2 \text{ м.}$

Отметка уровня воды:  $Z_3=Z_1+h_1=0.1+1=1.1$  м.

Определяем отметку уровня воды.

Составляем формулу Бернулли для двух сечений: перед решеткой и после решетки.

$$Z_1=p_1/\gamma+v_1^2/(2g)=Z_2+ p_2/\gamma+v_2^2/(2g)+h_m. \quad (3.10)$$

где  $h_m$  – местные потери напора, определяемые по формуле:

$$h_m=p \xi v^2/(2g)=3 \cdot 0,836 \cdot 0,309^2/2 \cdot 9,81=0,039 \text{ м.} \quad (3.11)$$

где  $V$  – скорость прохода воды через решетку м/с;

$G$  – ускорение свободного падения м/с<sup>2</sup>;

$\xi$  – коэффициент местного сопротивления, для прямоугольных сооружений;

$k$  – коэффициент учитывает загрязнение решетки.

Коэффициент сопротивления определяем по формуле:

$$\xi=\beta(S/B)^{4/3} \sin \alpha=2,42 \cdot (0,008/0,016)^{4/3} \cdot \sqrt{3}/2=0,836 \quad (3.12)$$

$$Z_1=0,1 \text{ м, } Z_2=0 \text{ м, } p_1/\gamma= h_1=1, \quad p_2/\gamma= h_2 \quad (3.13)$$

$$v_1=q/B_k \quad h_1=0,9/1 \cdot 1,4 \cdot 1=0,64 \text{ м/с} \quad (3.14)$$

$$v_2=q/B_k \quad h_2=0,9/1 \cdot 1,4 \cdot h_2=0,45/ h_2 \text{ м/с} \quad (3.15)$$

Объем улавливаемых отбросов составит:

$$V_{\text{сут}}=\frac{N_{\text{прив}} \cdot 8}{1000 \cdot 365}=\frac{3000 \cdot 8}{1000 \cdot 365}=3,6 \text{ м}^3/\text{сут.} \quad (3.16)$$

$N_{\text{прив}}$  – приведенная число жителей

$\rho$  – плотности загрязнений

$$M= V_{\text{сут}} \cdot \rho=3,6 \cdot 0,75=2,8 \approx 3 \text{ т. в 1 сут.} \quad (3.17)$$

## Песколовки

Для улавливания из сточных вод песка и других минеральных нерастворимых загрязнений применяют песколовки [22].

Среднесуточный расход  $Q_{\text{ср.сут.}}=1037,5 \text{ м}^3/\text{сут.}$

Общий коэффициент неравномерности водоотведения  $k=1,55$ .

Средний секундный расход:

$$q_{\text{ср.}} = Q_{\text{ср.сут}} / 24 \cdot 3600 = 0,2 \text{ м}^3/\text{с}. \quad (3.18)$$

Расчетный расход равен:

$$q_{\text{max}} = q_{\text{ср.}} \cdot k = 0,9 \text{ м}^3/\text{с}. \quad (3.19)$$

Принимаем два отделения песколовки и скорость движения воды в них  $V=0,3$  м/с. Площадь живого сечения отделения по формуле:

$$w = q_{\text{max}} / (v \cdot n) = 0,9 / (0,3 \cdot 2) = 1,5 \text{ м}^2 \quad (3.20)$$

Принимаем сечение песколовок, с размерами  $h_1=1,19$  м,  $h_2=0,87$  м,  $h_3=0,32$  м. время обработки воды  $t=40$  с.

При этом длина песколовки должны быть  $L = v \cdot t = 0,3 \cdot 40 = 12$  м, а диаметр (по оси проточной части)

$$D_0 = L / \pi = 12 / 3,14 = 3,82 \text{ м}. \quad (3.21)$$

где  $L$  – длина песколовки, м.

### Усреднитель

На очистных сооружениях усреднители применяются с целью устранения (выравнивания) концентрации сточных вод и стабилизации расхода.

Расход сточных вод  $Q = 29,7 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

$$C_{\text{max}} = 450 \text{ мг/л};$$

$$C_{\text{ср}} = 85 \text{ мг/л};$$

$$C_{\text{доп}} = 140 \text{ мг/л};$$

$$t_3 = 0,5 \text{ ч}.$$

Определяем коэффициент усреднителя по формуле:

$$K = (C_{\text{max}} - C_{\text{ср.}}) / (C_{\text{доп.}} - C_{\text{ф}}) = (450 - 85) / (140 - 85) = 6,64 \quad (3.22)$$

Объем усреднителя равен:

$$V = Qt_3 K / 2 = 229,7 \cdot 0,5 \cdot 0,64 / 2 = 49,3 \text{ м}^3 \quad (3.23)$$

$$H = 1,5 \text{ м}.$$

Площадь каждого отделения:

$$F = V / (nH) = 49,3 / (2 \cdot 1,5) = 16,43 \text{ м}^2 \quad (3.24)$$

$$L \times B = 5,53 \times 8 \text{ м}. \quad b = 2 \text{ м}.$$

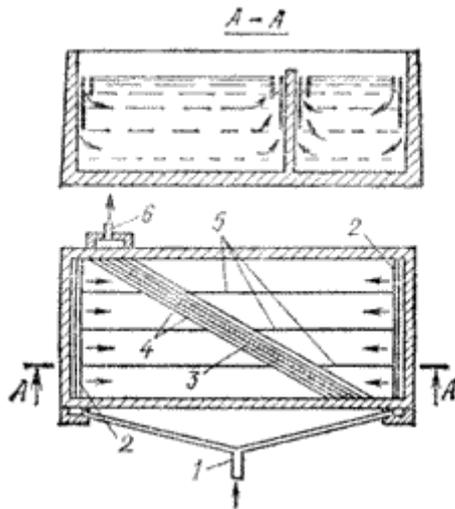


Рисунок 3.3 – Схема прямоугольного усреднителя концентрации сточных вод.

- 1 – водоподающий канал;
- 2 – распределительный лоток;
- 3 – глухая перегородка;
- 4 – сборные лотки;
- 5 – продольные перегородки;
- 6 – водоотводящий лоток.

### **Первичный радиальный отстойник**

Для предварительного осветления сточных вод на данном промышленном предприятии, служат первичные радиальные отстойники [22].

Среднесуточный расход  $Q_{\text{ср.сут.}} = 712,8 \text{ м}^3/\text{сут.}$

Содержание взвешенных веществ в воде  $C_0 = 250 \text{ мг/л.}$  требуемый эффект осветления 50%.

Общий коэффициент неравномерности водоотведения  $k = 1,47$

Средний секундный расход:

$$q_{\text{ср.}} = Q_{\text{ср.сут.}} / 24 \cdot 3600 = 0,08 \text{ м}^3/\text{с.} \quad (3.25)$$

Расчетный расход равен:

$$q_{\max}=q_{\text{ср}} \cdot k=1,11 \text{ м}^3/\text{с}; \quad (3.26)$$

$$H_1=3,1 \text{ м.}$$

Для достижения заданного эффекта освещения продолжительность отстаивания в цилиндре с  $h_1=500$  мм должна быть:  $t_1=770$ с,  $n=0,25$

$$u=H_1/t_1(H_1/h_1)^n=100 \cdot 3.1/770 \cdot (3.1/0.5)^{0.25}=1,3 \text{ мм/с} \quad (3.27)$$

при  $t=10^0\text{C}$ ;  $M_{\text{л}}=0,0101$ ;  $M_{\text{п}}=0,0131$ .

$$u_0= M_{\text{л}} \cdot u / M_{\text{п}}=0,0101 \cdot 1,3/0,0131 \text{ мм/с} \quad (3.28)$$

Определим турбулентную составляющую в предложении, что  $v=2,5$  мм/с,  $v=0,125$  мм/с. Для радиальных отстойников  $k=0,45$ .

Диаметр отстойника определяем по формуле:

$$D=\sqrt{4q_{\max}/nk\pi(u_0-w)}=13 \text{ м.} \quad (3.29)$$

Скорость на половине радиуса:

$$v=2q/n\pi DH_1=2 \cdot 1,11/3,14 \cdot 13 \cdot 3,1=0,00438 \text{ м/с}=4,38 \text{ мм/с.} \quad (3.30)$$

Скорость оказалась практически равной принятой. Пересчет не требуется.

Теоретически время освещения оказалось равно:

$$t=Vn/q=n\pi D^2 H_1/4q=4 \cdot 3.14 \cdot 13 \cdot 3.1/4 \cdot 1,11=1482,02 \text{ сек.} \quad (3.31)$$

Где  $n$  – коэффициент зависит от свойств взвеси.

Масса уловленного осадка:

$$G_{\text{сух}}=C_0 Q k \varepsilon / 1000 \cdot 1000=250 \cdot 0,5 \cdot 1,2 \cdot 29,7/1000=6 \text{ т/сут.} \quad (3.32)$$

$$V_{\text{ос}}=100 \cdot G_{\text{сух}} / (100 - W_{\text{ос}}) p = 100 \cdot 6 / (100 - 95) 1 = 120 \text{ м}^3/\text{сут.} \quad (3.33)$$

Высоту зоны накопления осадка у внешней стенки отстойника принимаем равной:  $H_2=0,3$  м, а возвышения борта отстойника над кромкой сборного кольцевого водослива  $H_3=0,5$  м. таким образом, общая высота отстойника:

$$H= H_1+ H_2+ H_3=3,1+0,3+0,5=3,9 \text{ м.} \quad (3.34)$$

### Аэротенки

Среднесуточный расход  $Q_{\text{ср.сут.}}=712,8 \text{ м}^3/\text{сут.}$

Требуемый эффект освещения 50%.

$$P=P_{\max} \cdot L_t C / L_t C + K_1 C + K_o L_t \cdot (1/\phi_a) = 85 \cdot 15 \cdot 2 / 15 \cdot 2 + 33 \cdot 2 + 0.625 \cdot 15^2 \cdot$$

$$\cdot(1/1+0.07\cdot3)=20\text{мг/ч.} \quad (3.35)$$

Определяем продолжительность аэрации:

$$t=L_a-L_t/a(1-S)p=140-15/3(1-0.3)\cdot20=2.9\text{ч.} \quad (3.36)$$

Вместимость аэротенков:

$$V=q_{\text{расч.}}\cdot t=29.7\cdot2.9=88.5\text{м}^3 \quad (3.37)$$

Растворимость кислорода воздуха в сточной воде:

$$C_p=(1+h_a/20,6)C_T=(1+4,3/20,6)\cdot8,84=10,6\text{мг/л.} \quad (3.38)$$

Удельный расход:

$$D=4,7\text{м}^3$$

Интенсивность аэрации:

$$I=DN/t=4,7\cdot4,5/2,98=7,1\text{м}^3(\text{м}^2\cdot\text{ч}). \quad (3.39)$$

Подсчитаем площадь аэротенков по объему  $V$  и глубине  $H$ .

$$F=V/H=88,5/4,5=19,7\text{м}^2 \quad (3.40)$$

Длина коридора аэротенка:

$$L_a=6,6\text{м.}$$

### **Вторичные отстойники**

Вторичные отстойники применяются для осветления сточных вод, которые прошли биологическую или физико-химическую очистку [22].

Среднесуточный расход  $Q_{\text{ср.сут.}}=712,8\text{ м}^3/\text{сут.}$

Доза активного ила  $a=2\text{ г/л.}$

Вынос взвешенных веществ из вторичных отстойников не более  $a_t=15\text{ мг/л.}$

Общий коэффициент неравномерности водоотведения  $k=1,485$ .

Средний секундный расход:

$$q_{\text{ср.}}=Q_{\text{ср.сут.}}/24\cdot3600=0,008\text{ м}^3/\text{с.} \quad (3.41)$$

Расчетный расход равен:

$$q_{\text{максчас}}=q_{\text{срчас}}\cdot k=712,8\cdot1,485=1058\text{м}^3/\text{ч.}$$

Проектируем радиальные отстойники. Расчет их выполняем по нагрузке. Принимаем расчетную глубину отстойников  $H_1=3,1$  м. нагрузку определяем по формуле  $J=80$  см<sup>3</sup>/г:

$$q=4,5\eta H_1^{0,8}/(0,1Ja)^{0,5-0,01*15} =$$

$$=4,5\cdot 0,4\cdot 3,1^{0,8}/(0,1\cdot 80\cdot 2)^{0,5-0,01*15}=1,69\text{м}^3/(\text{м}^2\text{ч}) \quad (3.42)$$

Площадь одной секции при общем их количестве  $n=4$

$$F=q_{\text{maxчас}}/nq=1058/(4\cdot 1,69)=156 \text{ м}^2 \quad (3.43)$$

Диаметр секции:

$$D=\sqrt{4F/\pi}=\sqrt{4\cdot 156/3,14}=14,5 \text{ м.} \quad (3.44)$$

Принимаем отстойник с диаметром  $D=14$  м, рабочей глубиной  $H_1=2,1$  м, общей глубиной  $H=2,7$  м, объем зоны отстаивания  $V_{\text{от}}=290$  м<sup>3</sup>, объем зоны осадка  $V_{\text{ос}}=160$  м<sup>3</sup>.

### **Метантенк**

Метантенки применяются в данном процессе очистки для анаэробного сбраживания осадков, с целью стабилизации и получения метансодержащего газа брожения, при этом учитывается состав осадка, наличие веществ, тормозящих процесс сбраживания и влияющих на выход газа [22].

Доза  $D_{\text{без}}$  составляет:

$$D_{\text{без}}=0,11\cdot 45(1-0,28)=3,56\text{кг}/(\text{м}^3\cdot\text{сут}) \quad (3.45)$$

где  $D_{\text{без}}$  –доза беззольного вещества.

В сброженном осадке осталось беззольного вещества:

$$D_{\text{без}}=0,11\cdot 29\cdot 0,58=1,85\text{кг}/(\text{м}^3\cdot\text{сут}) \quad (3.46)$$

Распад по беззольному веществу:

$$P_{\text{без}}=(D_{\text{без}}-D_{\text{сб}})100/D_{\text{без}}=(3,5-1,8)100/3,56=48\% \quad (3.47)$$

Ожидаемый распад беззольного вещества должен составлять

$$Y=P_{\text{г}}=(a_{\text{см}}-K_{\text{г}}D)/100=52,1-0,27\cdot 11=49,03\% \quad (3.48)$$

## Окситенк

Окситенк – это сооружения биологической очистки, в котором вместо воздуха используется технический кислород или воздух, который обогащен кислородом.

Основным отличием окситенка от аэротенка при данном процессе очистки, который работает на атмосферном воздухе, является повышенная концентрация ила.

Среднесуточный расход  $Q_{\text{ср.сут.}} = 712,8 \text{ м}^3/\text{сут.}$

Продолжительность пребывания сточной воды в зоне аэрации определяется по формуле:

$$t = L_a - L_t / a(1-S) p = 390 - 15 / 7(1 - 0.3) \cdot 16.7 = 4.58 \text{ ч.} \quad (3.49)$$

Суммарный объем зоны аэрации окситенков:

$$V_a = Q_{\text{расч.}} \cdot t = 29,7 \cdot 4,58 = 136,026 \text{ м}^3 \quad (3.50)$$

Диаметр зоны аэрации:

$$D_a = \sqrt{V_a / 0,785 \cdot H} = \sqrt{136,026 / 0,785 \cdot 4,58} \text{ м.} \quad (3.51)$$

Число окситенков:

$$n = V_a / V_{a1} = 136,026 / 854 = 4,3 \quad (3.52)$$

Нагрузка на 1 г. ила:

$$q_{\text{ил}} = 24(L_a - L_t) / at = 24(390 - 15) / 7 \cdot 4,58 = 281 \text{ мг}/(\text{г} \cdot \text{сут}). \quad (3.53)$$

Площадь илоотделений окситенков:

$$F_{\text{ио}} = (L_a - L_t) Q_{\text{расч.}} / 1000 n = (390 - 15) \cdot 29,7 / 1000 \cdot 4 = 3,8 \text{ кг}/\text{ч.} \quad (3.54)$$

$$H_{\text{от}} = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 = 1,5 + 0,2 + 1,8 + 3 = 7,5 \text{ м.}$$

## Осветлитель

Рассчитаем расход сточных вод, выходящих из осветлителя:

$$Q_{\text{осв}} = Q / 1 + (C_n - C_k) / C_{\text{ил}} = 712,8 / 1 + (200 - 10) / 31000 = 1410 \text{ м}^3/\text{ч.} \quad (3.55)$$

Общая высота осветлителя:

$$H_{\text{осв.}} = h_1 + h_2 + h_3 = 1 + 2,5 + 2 = 5,5 \text{ м.} \quad (3.56)$$

Площадь осадкоприемных окон в одном осветлителе:

$$F_{ок} = Q(1 - K_p) / 4U_{ок} = 1500(1 - 0,62) / 4 \cdot 36 = 3,96 \text{ м}^2. \quad (3.57)$$

Длина с каждой стороны:

$$L_{ок} = F_{ок} / (2h_{ок}) = 3,96 / (2 - 0,3) = 6,6 \text{ м}. \quad (3.58)$$

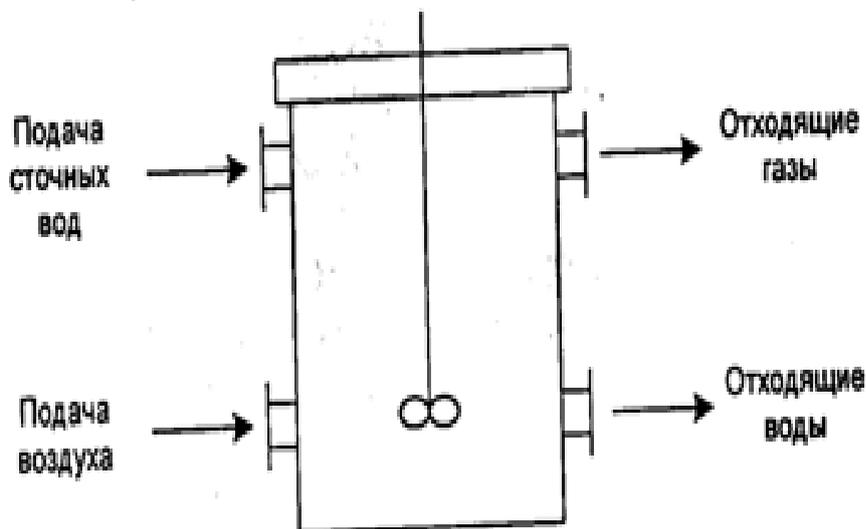


Рисунок 3.4 – Принципиальная схема окситенка

### Илоуплотнитель

Илоуплотнители предназначены для уменьшения влажности и объема избыточного активного ила. Они устанавливаются вблизи иловой камеры, так что здание насосов для подачи активного ила в аэротенк служит и для установки насосов для перекачки избыточного активного ила [22].

Среднесуточный расход  $Q_{ср.сут.} = 1037,5 \text{ м}^3/\text{сут.}$

$БПК_{полн} \text{ очищенных сточных вод} = 20 \text{ мг/л.}$

Прирост активного ила составит:

$$P = 200 \text{ г/ м}^3 \text{ при } k_{max} = 1,2, P_{max} = 1,2 \cdot 200 = 240 \text{ г/ м}^3. \quad (3.59)$$

Максимальный приток избыточного активного ила:

$$q_{max} = P_{max} \cdot Q / (24C) = 240 \cdot 1037,5 / 20000 \cdot 24 = 22,8 \text{ м}^3/\text{ч}. \quad (3.60)$$

Будут применены 2 уплотнителя вертикального тип.

Согласно СНиП 2.04.03-85 и табл. 4.60 принимаем продолжительность уплотнения  $t=40$  ч, скорость  $v=0,07$  мм/с, влажность исходного ила  $W_1=99,2\%$ , уплотненного  $W_2=98\%$ .

Высота проточной части  $h=2,52$  м.

Полезная площадь илоуплотнителя:

$$F_{\text{пол}} = q_{\text{жид}} / (3,6 \cdot v) = 13,68 / (3,6 \cdot 0,07) = 54,28 \text{ м}^2. \quad (3.61)$$

Площадь поперечного сечения трубы:

$$f_{\text{тр}} = q_{\text{max}} / (3600 \cdot v_{\text{тр}}) = 22,8 / (3600 \cdot 0,1) = 0,063 \text{ м}^2. \quad (3.62)$$

Общая площадь илоуплотнителя:

$$F_{\text{общ}} = F_{\text{пол}} + f_{\text{тр}} = 54,28 + 0,063 = 44,34 \text{ м}^2. \quad (3.63)$$

Диаметр одного илоуплотнителя:

$$D = \sqrt{4F_{\text{общ}} / \pi n} = \sqrt{4 \cdot 44,34 / (3,14 \cdot 2)} = 5,88 \text{ м} \approx 6 \text{ м}. \quad (3.64)$$

Принимаем к установке 2 илоуплотнителя.

Общая высота илоуплотнителя:

$$H_{\text{общ}} = H + h + h_{\text{б}} = 1,52 + 0,3 + 0,1 = 2,92 \text{ м} \quad (3.65)$$

где  $h$  – высота залегания ила = 0,3 м,

$h_{\text{б}}$  – высота бортов над уровнем воды, м.

## **4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

### **4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

#### **4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

Целью оптимизации процессов очистки сточных вод горнодобывающего предприятия и оценки рисков его влияния, является обеспечение безопасности и сохранение здоровья работника в процессе его трудовой деятельности.

Оценка рисков является составной частью системы управления охраной труда предприятия, направленной на формирование и поддержание профилактических мероприятий по оптимизации опасностей и рисков, в том числе по предупреждению аварий, травматизма и профессиональных заболеваний.

В данной выпускной квалификационной работе исследуется оптимизация процессов очистки сточных вод горнодобывающего предприятия. Объектом исследования является система очистных сооружений, трубопроводов, месторождения полезного ископаемого на золотодобывающем предприятии. Отсюда можно сделать вывод, что потенциальными потребителями результатов исследования являются все потенциально опасные объекты [23].

Сегментирование рынка услуг по использованию методики оценки рисков в результате процесса очистки сточных вод, можно выполнить по следующим критериям:

размер предприятия – предназначение методики анализа рисков существующих на горнодобывающем предприятии.

Результатом сегментирования должно быть: определение основных сегментов данного рынка выбор сегментана на котором намерено

ориентироваться промышленное предприятие; выявление сегментов рынка, привлекательных для предприятия в будущем.

Таблица 4.1 – Карта сегментирования рынка услуг по использованию методики оценки рисков

Предназначение методики оценки рисков	Размер предприятия		
	Крупное	Среднее	Мелкое
Разработка паспорта безопасности опасного производственного объекта (золотодобывающего предприятия)	1, 2,3	1, 2,3	1, 2,3
Определение опасных и вредных факторов в технологии производства и рабочего места	1, 2,3	1, 2,3	1, 2,3
Выбор и применение СИЗ на рабочем месте	1, 2,3	1, 2,3	1, 2,3
Применение знаков безопасности на рабочем месте	1, 2,3	1, 2,3	1, 2,3

- 1 – горнодобывающее предприятие;
- 2 – радиационно-опасный объект;
- 3 – транспортное предприятие.

Как видно из карты сегментирования, данная методика обладает высокой конкурентоспособностью, в силу своей необходимости и неуклонности потенциально опасных объектов в процессах очистки сточных вод. Это обусловлено тем, что оценка рисков является наиболее эффективным превентивным мероприятием на промышленном предприятии.

При оценке рисков на промышленных предприятиях, учитываются не только неблагоприятные события и несчастные случаи, которые произошли ранее, но и опасности, которые пока не вызывают неблагоприятных последствий [23].

#### 4.2 Технология QuaD (QUality ADvisor)

Технология QuaD (QUality ADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой

разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно – исследовательский проект. Показатели оценки свойств, перспективности разработки подбираются исходя из избранного объекта исследования с учетом технических и экономических особенностей.

Таблица 4.2 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5x2)
1	2	3	4	5	
<b>Показатели оценки качества разработки</b>					
1. Энергоэффективность	0,05	50	100	0,5	0,025
2. Помехоустойчивость	0,01	30	100	0,3	0,003
3. Надежность	0,1	80	100	0,8	0,08
4. Унифицированность	0,09	70	100	0,7	0,063
5. Уровень материалоемкости разработки	0,05	50	100	0,5	0,025
6. Уровень шума	0,01	30	100	0,3	0,003
7. Безопасность	0,1	80	100	0,8	0,08
8. Потребность в ресурсах памяти	0,01	30	100	0,3	0,003
9. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,03	40	100	0,4	0,012
10. Простота эксплуатации	0,05	50	100	0,5	0,025
11. Качество интеллектуального интерфейса	0,07	75	100	0,75	0,0525
12. Ремонтпригодность	0,01	10	100	0,1	0,001
<b>Показатели оценки коммерческого потенциала разработки</b>					
13. Конкурентоспособность продукта	0,1	95	100	0,95	0,095
14. Уровень проникновения на рынок	0,1	95	100	0,95	0,095
15. Перспективность рынка	0,1	95	100	0,95	0,095
16. Цена	0,04	45	100	0,45	0,018
17. Послепродажное обслуживание	0,01	30	100	0,3	0,003

#### Продолжение таблицы 4.2

18. Финансовая эффективность научной разработки	0,03	50	100	0,5	0,015
19. Срок выхода на рынок	0,02	70	100	0,7	0,014
20. Наличие сертификации разработки	0,02	90	100	0,9	0,018
<b>Итого</b>	<b>1</b>				<b>72,55</b>

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{cp} = \sum B_i * B_i, \quad (4.1)$$

где  $P_{cp}$  – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

$B_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – средневзвешенное значение  $i$ -го показателя.

$P_{cp} = 72,55$ , следовательно, перспективность данного исследования является выше среднего.

По результатам оценки качества и перспективности можно сделать вывод о том, что данное исследование не нуждается в больших объемах инвестирования.

#### 4.3 SWOT-анализ

SWOT-анализ это метод стратегического планирования, который заключается в выявлении факторов внутренней и внешней среды организации и разделении их на четыре категории: Strengths, Weaknesses, Opportunities и Threats.

SWOT – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT – анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта [24].

Таблица 4.3 – Матрица SWOT

	<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b>                      С1. Прогнозирование и выявление опасностей в широком масштабе                      С2. Способность охватывать различные виды отраслей                      С3. Устойчивое финансовое положение                      С4. Потребность предприятий в проведении оценки рисков                      С5. Постоянная информационная насыщенность</p>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b>                      Сл1. Невозможность предвидеть все риски                      Сл2. Большой срок проведения исследования                      Сл3. Для каждого требуется индивидуальный подход                      Сл4. Низкая скорость продвижения новых технологий.                      Сл5. Недостаток финансирования на усовершенствование проекта.</p>
<p><b>Возможности:</b>                      В1.Создание партнерских отношений со всеми видами отраслей промышленности                      В2. Большой потенциал усовершенствования методики оценки рисков.                      В3. Сокращение энергозатрат за счет реализации функциональной стратегии в области охраны труда, промышленной безопасности и экологии(НСЕ).                      В4.Рост и развитие новых потенциально опасных объектов, требующих проведения оценки рисков                      В5. Создание новых видов методик оценки рисков</p>	<p>-Способность охватывать различные виды отраслей и возможность в прогнозировании и выявлении опасностей в широком масштабе дают большую возможность создавать партнерские отношения со всеми видами отраслей промышленности, тем самым сохранять устойчивость финансового положения.                      -С каждым годом количество новых потенциально опасных объектов увеличивается и, поэтому, увеличивается необходимость в проведении оценки рисков, следовательно, растет востребованность методики</p>	<p>-Методика нуждается в усовершенствовании, т. к. в ней есть некоторые негативные моменты, такие как невозможность предвидеть все риски, большой срок проведения исследования и низкая скорость продвижения новых технологий в области оценки рисков, при этом для каждого потребителя требуется индивидуальный подход.                      -При реализации функциональной стратегии в области охраны труда, промышленной безопасности и экологии(НСЕ) сократятся все негативные моменты, напрямую зависящие от энергозатрат.                      -Целесообразность в создании новых видов методик оценки рисков состоит в том, чтобы повысить положительные стороны и минимизировать негативные.</p>

Продолжение таблицы 4.3

<p><b>Угрозы:</b>          У1. Падение спроса при появлении новых конкурентов          У2. Невостребованность проекта в связи с истощением ресурсной базой          У3. Неточность проведения оценки риска.          У4. Колебания цен на данное исследование.          У5. Снижение цен у конкурентов</p>	<p>-При появлении новых конкурентов на рынке следует ожидать падение спроса и, как в следствие этого, снижение финансового положения, и, возможно, сосредоточение только на определенных потребителях.          -При истощении ресурсной базы потребитель будет вынужден прекратить своё производство и отказаться от услуг исследования, что ведет к невостребованности проекта.          -Несмотря на большие возможности проекта, имеется потенциальная возможность неточности проведения оценки рисков.</p>	<p>-Все вышеперечисленные негативные моменты напрямую связаны с неточностью проведения оценки риска, поэтому методика нуждается в усовершенствовании.</p>
--	---	---

Выявим соответствия сильных и слабых сторон научно исследовательского проекта. Данное соответствие или несоответствие помогут выявить потребность в проведении стратегических изменений. Для этого построим интерактивные матрицы проекта.

Таблица 4.4 – Интерактивные матрицы проекта

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	+	+	+	+	0
	B2	-	-	0	0	+
	B3	0	0	+	0	-
	B4	+	+	0	+	+
	B5	0	+	-	-	0

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие сильных сторон и возможности: B1C1C2C3C4, B4C1C2C4C5.

Таблица 4.5

Слабые стороны проекта						
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	B1	-	-	0	-	-
	B2	+	+	+	+	0
	B3	-	+	+	+	-
	B4	-	-	+	-	-
	B5	+	+	+	+	+

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие слабых сторон и возможности: B2Сл1Сл2Сл3Сл4, B3Сл2Сл3Сл4. B5Сл1Сл2Сл3Сл4Сл5.

Таблица 4.6

Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	-	+	+	-	-
	У2	-	+	-	+	-
	У3	+	+	-	-	+
	У4	-	-	+	-	-
	У5	-	-	+	-	-

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие сильных сторон и угроз: У1С2С3, У2С2С4, У3С1С2С5.

Таблица 4.7

Слабые стороны проекта						
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	У1	-	-	0	0	0
	У2	-	-	-	0	-
	У3	+	-	+	+	-
	У4	-	-	-	-	0
	У5	-	-	-	-	0

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие слабых сторон и угроз: У3Сл1Сл3Сл4.

#### 4.4 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

Основной элемент анализа рисков на горнодобывающем предприятии – идентификация опасностей (обнаружение возможных нарушений), которые могут привести к негативным последствиям.

Основные задачи этапа идентификации опасностей – выявление и четкое описание всех источников опасностей и путей (сценариев их реализации).

Для этого рассмотрим объект исследования при помощи морфологического подхода.

Таблица 4.8 – Морфологическая матрица для причин реализации ЧС на магистральных нефтепроводах.

	1	2	3	4
А.Физический износ и коррозия металла	Использование труб из низколегированной стали	Использование специальных паст и мастик на сварных соединениях	Использование трубы с внутренним покрытием	Частое прохождение процедуры дефектоскопии
Б.Неудовлетворительное качество проведения строительно-монтажных работ	Строгий контроль вышестоящих органов над проведением СМР	Проведение инструктажа перед проведением СМР	Введение системы штрафов при нарушении правил проведения СМР	Строгая отчетность о проделанной работе
В.Сезон и технология строительства	Использование изолирующих материалов	Строительство специальных площадок и платформ	Особо опасные места должны поддаваться обваловке	В местах трубопровода вблизи водоемов должны использоваться боновые ограждения

Варианты решения технической задачи следующие:

1) А1Б3В2 – для снижения физического износа и коррозии металла трубопроводов целесообразно использовать трубы из низколегированной стали,

ввести систему штрафов при нарушении правил проведения СМР и обеспечивать строительство специальных площадок и платформ;

2) А2Б1В1 – снизить физический износ и коррозию металла посредством использования специальных паст и мастик на сварных соединениях, особо опасные места должны поддаваться обваловке;

3) А3Б2В3 – следует использовать трубы с внутренним покрытием, проводить инструктаж перед проведением СМР, особо опасные места должны поддаваться обваловке;

4) А3Б2В4 – следует использовать трубы с внутренним покрытием, проводить инструктаж перед проведением СМР, в местах трубопровода вблизи водоемов должны использоваться ограждения.

#### 4.5 Планирование научно-исследовательских работ

##### 4.5.1 Структура работ в рамках научного исследования

Таблица 4.9 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ Раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель темы
	2	Выдача задания на тему	Руководитель темы
Выбор направления исследований	3	Постановка задачи	Руководитель
	4	Определение стадий, этапов и сроков разработки	Руководитель
	5	Подбор литературы	Студент
	6	Сбор материалов и анализ существующих разработок	Студент
Теоретические исследования	7	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Студент
	8	Анализ конкурентных технологий	Студент
	9	Выбор наиболее подходящей и перспективной технологии	Руководитель
	10	Согласование полученных данных с руководителем	Студент
Обобщение и оценка результатов	11	Оценка эффективности полученных результатов	Студент
	12	Работа над выводом	Студент
Оформление отчета по НИР	13	Составление пояснительной записки	Студент

#### 4.5.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты, образуют основную часть, в большинстве случаев, стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников данного научного исследования [24].

Трудоемкость выполнения конкретного научного исследования оценивается экспертным путем, который носит вероятностный характер. Он зависит от множества факторов. Для определения среднего значения трудоемкости  $t_{ожі}$  используется формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (4.2)$$

где  $t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы;

$t_{\min i}$  – возможная минимальная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях, учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (4.3)$$

где  $T_{pi}$  – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

$Ч_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

#### 4.5.3 Разработка графика проведения научного исследования.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (4.4)$$

где  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в календарных днях;

$T_{pi}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в рабочих днях;

$k_{кал}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}}, \quad (4.5)$$

где  $T_{кал}$  – количество календарных дней в году;

$T_{вых}$  – количество выходных дней в году;

$T_{пр}$  – количество праздничных дней в году.

Согласно календарю на 2016 год, количество календарных дней – 365, количество рабочих дней составляет 247 дней, количество выходных 104 дней, а количество предпраздничных дней – 15, таким образом:  $k_{кал}=1,48$ .

Все рассчитанные значения вносим в таблицу (табл. 5.10).

Таблица 4.10 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ									Исполнители	Длительность работ в рабочих днях			Длительность работ в календарных днях		
	$t_{\min}$ □, чел-дни			$t_{\max}$ □, чел-дни			, чел-дни				1	2	3	1	2	3
	1	2	3	1	2	3	1	2	3							
Утверждение и составление технического задания	2	2	2	5	5	5	3,2	3,2	3,2	Руководитель	3	3	3	5	5	5
Выдача задания на тему	1	1	1	2	2	2	1,8	1,8	1,8	Студент	2	2	2	3	3	3
Постановка задачи	1	1	1	2	2	2	1,8	1,8	1,8	Студент	2	2	2	3	3	3
Определение стадий, этапов и сроков разработки	3	1	2	5	2	4	3,8	1,8	2,8	Руководитель	2	1	1,5	3	1	2
Подбор литературы	7	6	7	10	8	10	8,2	6,8	8,2	Студент	8	7	8	12	10	12
Сбор материалов и анализ существующих разработок	14	14	14	17	17	17	15,2	15,2	15,2	Студент	15	15	15	23	23	23
Проведение теоретических расчетов и обоснований	7	7	7	9	9	9	7,8	7,8	7,8	Студент	8	8	8	12	12	12
Анализ конкурентных технологий	5	5	5	7	7	7	5,8	5,8	5,8	Студент	6	6	6	9	9	9
Выбор наиболее подходящей и перспективной технологии	3	2	3	5	4	3	3,4	2,4	3,4	Руководитель	3	1	3	4	2	4
Согласование полученных данных с руководителем	2	1	2	5	3	4	3,2	1,8	2,8	Студент	1,5	1	1,5	2	1	2
Оценка эффективности полученных результатов	2	2	2	3	3	3	2,4	2,4	2,4	Студент	2,5	2,5	2,5	4	4	4
Работа над выводом	1	1	1	2	2	2	1,4	1,4	1,4	Студент	2	2	2	3	3	3
Составление пояснительной записки	4	4	4	6	6	6	4,8	4,8	4,8	Студент	5	5	5	7	7	7

## 4.6 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ необходимо обеспечить полное и верное отражение различных видов расходов, связанных с его выполнением.

### 4.6.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхи}, \quad (4.6)$$

где  $m$  – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхи}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м<sup>2</sup> и т.д.);

$C_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м<sup>2</sup> и т.д.);

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов.

Таблица 4.11 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб.			Затраты на материалы, (Z <sub>м</sub> ), руб.		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Бумага	лист	150	100	130	2	2	2	345	230	169
Картридж	шт.	1	1	1	1000	1000	1000	1150	1150	1150
Интернет	М/бит (пакет)	1	1	1	350	350	350	402,5	402,5	402,5
Ручка	шт.	1	1	1	20	20	20	23	23	23
Дополнительная литература	шт.	2	1	1	400	350	330	920	402,5	379,5
Тетрадь	шт.	1	1	1	10	10	10	11,5	11,5	11,5
Итого								2852	2219,5	2135,5

## 4.6.2 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы

В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы сводится в табл. 4.12.

Таблица 4.12 – Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудо-емкость, чел.-дн.			Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн.,			Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб.		
			Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1.	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	3			3,6			10,8		
2.	Выдача задания на тему	Студент	2			0,8			1,6		
3.	Постановка задачи	Студент	2			0,8			1,6		
4.	Определение стадий, этапов и сроков разработки	Руководитель, студент	2	1	1,5	4,4			8,8	4,4	6,6
5.	Подбор литературы	Студент	8	7	8	0,8			6,4	5,6	6,4
6.	Сбор материалов и анализ существующих разработок	Студент	15			0,8			12		
7.	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Студент	8			0,8			6,4		
8.	Анализ конкурентных технологий	Студент	6			0,8			4,8		
9.	Выбор наиболее подходящей и перспективной технологии	Руководитель, Студент	3	1	3	4,4			13,2	4,4	13,2

Продолжение таблицы 4.12

10.	Согласование полученных данных с руководителем	Руководитель, Студент	2	1	1,5	4,4	8,8	4,4	6,6
11.	Оценка эффективности полученных результатов	Студент	2,5		0,8	2			
12.	Работа над выводом	Студент	2		0,8	1,6			
13.	Составление пояснительной записки	Студент	5		0,8	4			
Итого:							82		

Проведем расчет заработной платы относительно того времени, в течение которого работал руководитель и студент. Принимая во внимание, что за час работы руководитель получает 450 рублей, а студент 100 рублей (рабочий день 8 часов).

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (4.7)$$

где  $Z_{осн}$  – основная заработная плата;

$Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата (12-20 % от  $Z_{осн}$ ).

Максимальная основная заработная плата руководителя (доктора наук) равна примерно 36000 рублей, а студента 46000 рублей.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}, \quad (4.8)$$

где  $k_{доп}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

Таким образом, заработная плата руководителя равна 41400 рублей, студента – 52900 рублей.

#### 4.6.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (4.9)$$

где  $k_{внеб}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

#### 4.6.4 Накладные расходы

Величина накладных расходов определяется по формуле:

$$Z_{накл} = (\sum \text{статей}) \cdot k_{нр}, \quad (4.10)$$

где  $k_{нр}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%. Таким образом, наибольшие накладные расходы при первом исполнении равны:  $Z_{накл} = 424007,3 \cdot 0,16 = 67841,2$  руб.

#### 4.6.5 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Таблица 4.13 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
1. Материальные затраты НИИ	2852	2219,5	2135,5	Пункт 3.4.1
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	301300	196650	201250	Пункт 3.4.2
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	82000	63600	77600	Пункт 3.4.3
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	12300	95400	11640	Пункт 3.4.4
5. Отчисления во внебюджетные фонды	25555,3	19820,94	24184,04	Пункт 3.4.5
6. Накладные расходы	67841,2	60430,5	50689,5	16 % от суммы ст. 1-5
7. Бюджет затрат НИИ	491849	438121	367499	Сумма ст. 1- 6

#### 4.7 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности [24].

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{финр}^{исп.i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}}, \quad (4.11)$$

где  $I_{финр}^{исп.i}$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{max}$  – максимальная стоимость исполнения научно- исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

$$I_{финр}^{исп.1} = \frac{491849}{491849} = 1; \quad I_{финр}^{исп.2} = \frac{438121}{491849} = 0,89; \quad I_{финр}^{исп.3} = \frac{367499}{491849} = 0,75;$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a^i \cdot b^i, \quad (4.12)$$

где  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности для  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$a^i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$b_i^a, b_i^p$  – бальная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

$n$  – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы (табл. 5.14).

Таблица 4.14 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой ко- эффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Способствует росту производи- тельности труда пользователя	0,1	5	3	3
2. Удобство в эксплуатации	0,15	4	2	3
3. Ремонтпригодность	0,15	5	3	4
4. Энергосбережение	0,20	4	5	3
5. Надежность	0,15	4	4	2
6. Пусковой период	0,1	5	4	3
7. Материалоемкость	0,15	5	4	3
ИТОГО	1	4,5	3,65	3

$$I_{p-исп1} = 5 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,15 = 4,5;$$

$$I_{p-исп2} = 3 \cdot 0,1 + 2 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,15 = 3,65;$$

$$I_{p-исп3} = 3 \cdot 0,1 + 3 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,2 + 2 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,1 + 3 \cdot 0,15 = 3.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ( $I_{исп.i}$ ) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.i} = \frac{I_{p-испi}}{I_{финр}^{исп.i}}, \quad (4.13)$$

$$I_{исп1.} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр}^{исп.1}} = \frac{4,5}{1} = 4,5; \quad I_{исп2.} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр}^{исп.2}} = \frac{3,65}{0,89} = 4,1;$$

$$I_{исп3.} = \frac{I_{p-исп3}}{I_{финр}^{исп.3}} = \frac{3}{0,7} = 4,3.$$

Сравнив значения интегральных показателей эффективности можно сделать вывод, что реализация технологии в первом исполнении является более эффективным вариантом решения задачи, поставленной в данной работе с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

#### 4.8 Эколого-экономическое обоснование проектных решений водопроводно-водоотводящего хозяйства горнодобывающего предприятия

Таблица 4.15 – Расчет капитальных вложений, некоторого оборудования

Наименование, тип сооружений, оборудования	Производительность, тыс. м3 /год	Стоимость тыс. руб		
		Всего	В том числе	
			СМР	Оборудование
1. Механические решетки	3700 м3	23	4,6	18,4
2. Отстойники		8	1,6	6,4
3. Песколовка	3700 м3	25	5	20
Всего		56	11,2	44,8

Затраты на электрическую энергию на очистных сооружениях

$$C_{эл/эн} = R_{год} * T_1 + \sum N_i * T_2 \quad (4.14)$$

$$R_{год} = D_{раб} * \sum N_i * t_i * \cos f \quad (4.15)$$

$$R_{год} = 252 * (3,2 * 8) * 1,60 = 10321,92 \text{ кВт/час}$$

$$C_{эл/эн} = 10321,92 * 1,6 + (3,2 * 27) = 16601,472 \text{ тыс. руб/год}$$

$R_{год}$  – годовой расход эл/эн, кВт/ч

$T_1$  – тариф за 1 кВт/ч израсходованной эл/эн = 1,6 руб

$\sum N_i$  - суммарная мощность электроустановок = 3,2 кВт

$T_2$  – тариф за 1кВт А установленной мощности 27 руб = 1 кВт

$\cos f$  – коэффициент полезного действия электроустановок = 0,75-0,85

$t_i$  - количество часов работы электроустановок в сутки 16 часов

## 4.9 Амортизационные отчисления

Амортизация – это постепенное погашение износа. Амортизационные отчисления за весь период службы основных фондов должны быть в таком размере чтобы покрыть первоначальную стоимость основных фондов с учетом затрат на капитальный ремонт и модернизацию основных фондов и с учетом ликвидной стоимости.

$$A = \frac{H_{аморт} * \Phi_{осн}}{100} = \frac{H_{аморт}^{ПВ} * \Phi_{осн}}{100} + \frac{H_{аморт}^{КР} * \Phi_{осн}}{100} \quad (4.15)$$

$A$  – общая сумма амортизационных отчислений по каждому из видов основных фондов

$H_{аморт}^{ПВ}$  – норма амортизационных отчислений на полное восстановление основных фондов

$H_{аморт}^{КР}$  – норма амортизационных отчислений на капитальный ремонт основных фондов

$\Phi_{осн}$  – стоимость основных фондов

Общие эксплуатационные затраты:

1. Основная и дополнительная З.П. цехового и административного - управленческого персонала
2. Отчисления на социальное страхование
3. Содержание и текущий ремонт зданий, сооружений и технологического оборудования (освещение, отопление).
4. Расходы на охрану труда и требования безопасности(т/б)

Численность работников и фонд З.П. цехового и административно-управленческого персонала определяется в соответствии со схемой должностных окладов. В зависимости от пропускной мощности объекта по частям [25].

## 5 Социальная ответственность

В настоящее время, вопросам социальной ответственности промышленного предприятия уделяется серьезное внимание. **Социальная ответственность** – это действия предприятия, предпринимаемые во благо общества добровольно и по требованию закона. Предприятия должны направлять часть своих ресурсов и усилий по социальным каналам, они должны ответственно действовать в сферах защиты окружающей среды, здравоохранения и безопасности.

К социальной ответственности можно отнести полное соблюдение трудовой дисциплины, своевременная оплата труда, обеспечение льготами работников вредных производств, предоставление отпуска, выплата компенсаций и другие мероприятия, которые регулируются законодательством.

Одним из наиболее важных условий обеспечения социальной ответственности на предприятии, при осуществлении работы является выполнение концепции безопасности.

Социальная ответственность на предприятии – это мероприятия технического и организационного характера, которые направлены на предотвращение несчастных случаев на производстве и на создание безопасных условий труда.

Основной причиной несчастных случаев на производстве являются нарушение технологических процессов, недоработки в осуществлении производственного контроля, низкий уровень трудовой, производственной дисциплины и организации работ, личная неосторожность работника [26].

С целью обеспечения охраны труда на предприятиях прикладываются все усилия для того, чтобы сделать труд работников безопасным.

Со своей стороны, работник должен пройти инструктаж и подписать соответствующие документы, которые будут обязывать его соблюдать меры предосторожности, безопасности и регламент технологического процесса.

Для организации безопасной работы оборудования, агрегатов, сооружений на горнодобывающем предприятии создается система управления промышленной безопасностью, которая обеспечивает выполнение ряда технических мероприятий, направленных на своевременное выполнение требований промышленной безопасности, мониторинг технического состояния оборудования и сооружений для снижения риска возникновения аварий.

В данном разделе изложены результаты анализа рабочего места специалиста работающего на очистных сооружениях горнодобывающего предприятия, на предмет выявления действующих вредных и опасных факторов и возникновения чрезвычайных ситуаций. Проведена оценка степени воздействия идентифицированных вредных и опасных факторов в процессе производственной деятельности на работника, общество и окружающую среду. Так же предложен ряд мероприятий по снижению их воздействий и защиты от них.

### **5.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования.**

Работники могут подвергаться воздействию опасных и вредных производственных факторов в соответствии с ГОСТ 12.0.003. и ГОСТ121038-82 ССБТ.

Уровни предельно допустимых концентраций и уровней не должны превышать норму по ГОСТ 12.1.005.

Все выявленные вредные и опасные факторы на рабочем месте представлены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Опасные и вредные факторы

Наименование видов работ и параметров производственного процесса	Факторы (ГОСТ 12.0.003-74и ГОСТ 12.10.38-82 ССБТ)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Произведение расчетов	Отклонение показателей микроклимата в помещении		ГОСТ 12.1.006-84
	Недостаточная освещенность рабочей зоны		СНиП 23-05-95
	Шум		ГОСТ 12.0.003-74
	Повышенная концентрация вредных веществ		ГОСТ 12.1.005-88
	Запыленность		ГОСТ 12.1.005-88
	Вибрация		СН 2.2.4/2.1.8.566-96
		Пожаровзрыво-опасность	ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ
		Высокое напряжение	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ

## 5.2 Микроклимат

Показателями, которые характеризуют микроклимат в производственных помещениях, являются:

- температура поверхностей сооружений и оборудования;
- относительная влажность воздуха;
- температура воздуха;
- скорость движения воздуха;

- интенсивность теплового излучения.

Источником его возникновения является окружающая среда, а так же особенности технологического процесса.

В холодный время года используется теплая одежда, головные уборы. Существует режим времени работы, периоды отдыха и обогрева в теплых помещениях или вагончиках. В теплый период достаточно наружного тепла [26].

В таблице 5.2 представлены показатели, характеризующие микроклимат в производственных помещениях.

Таблица 5.2 Показатели микроклимата в производственных помещениях

Вредный производственный фактор	Нормативная величина		Фактическая величина		Нормативный документ
	Холодный период	Теплый период	Холодный период	Теплый период	
Температура воздуха	13-15°C	21-26°C	16-18°C	18-20°C	Сан П и Н 2.2.4.548-96 [31]
Температура поверхностей	12-23°C	14-27°C	15-19°C	17-21°C	Сан П и Н 2.2.4.548-96
Относительная влажность	15-75 %	15-75 %	40-65 %		Сан П и Н 2.2.4.548-96
Скорость движения воздуха	0,4 м/с	0,5 м/с	0,3м/с		Сан П и Н 2.2.4.548-96

### 5.3 Шум и мероприятия по уменьшению его воздействия

Основным источником шума на предприятии является работа производственного оборудования. Допустимый уровень шума на рабочих местах производственных помещений согласно СН 2.2.4./2.1.8.562-96 и ее фактический уровень приведены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 Фактическая и нормируемая величина шума

Вредный производственный фактор	Фактическая величина	Нормативная величина	Нормативный документ
Шум, дБа	60-75	80	СН 22.412.18562-96

Указанная величина шума определяется экранированием шума конструкциями оборудованием, а также достаточным источником удаления источника повышенного шума.

Средства борьбы с шумом в зависимости от числа лиц, для которых они предназначены, подразделяются на средства коллективной защиты в соответствии с ГОСТ 12.4.011-89 и средства индивидуальной защиты.

В зависимости от способа реализации средства коллективной защиты могут быть акустическими, архитектурно – планировочными, и организационно – техническими.

Для снижения шума можно использовать звукоизолирующие кожухи, в который заключают либо весь агрегат, либо его шумящие узлы. Для защиты органов слуха применяют наружные (наушники) и внутренние средства – противошумы (заглушки и вкладыши) ГОСТ 12.4.011-89. Над шумящим оборудованием подвешивают штучные шумопоглотители.

Общие методы борьбы с шумом:

- 1) Индивидуальные и коллективные средства защиты;

- 2) Снижение шума в источнике образования;
- 3) Снижение шума на пути распространения от источника до рабочего места.

#### **5.4 Производственное освещение**

Важное значение имеет правильное освещение помещений и рабочих мест. При правильном освещении повышается производительность труда, улучшаются условия безопасности, снижается утомляемость. Недостаточное или неправильное освещение может привести к возникновению опасных ситуаций.

Требуемый уровень освещенности определяется степенью точности зрительных работ. При выполнении работ требуется наблюдать наименьший размер объекта различения – 1– 5 мм. В соответствии с СНиП 23-05-95 эти условия зрительной работы соответствуют V разряду (работы средней точности), а необходимая освещенность рабочего места – 300 лк.

В рабочей зоне на очистных станциях, кроме рабочего освещения имеется аварийное освещение (не менее 30 лк), которое действует от независимых источников питания в случае аварийного отключения рабочего напряжения.

Освещение может быть:

- естественное;
- искусственное;
- совмещенное.

Естественное освещение осуществляется через окна (боковое освещение), световые фонари (верхнее) или одновременно через фонари и окна (комбинированное). Естественное освещение предусматривается для помещений, в которых постоянно пребывают люди [26].

Основной величиной для расчета и нормирования естественного освещения внутри помещений служит коэффициент естественной освещенности (КЕО), выраженного в процентах.

При совмещенном освещении недостаточное естественное освещение дополняется искусственным.

Искусственное освещение по функциональному назначению делится на рабочее, дежурное, аварийное, эвакуационное и охранное.

Искусственное освещение может быть общим, когда все производственные помещения освещаются однотипными светильниками. А так же комбинированным, когда к общему освещению добавляется местное освещение рабочих мест).

Для искусственного освещения нормируемый параметр – освещенность. Величина освещенности при искусственном освещении должна быть: на рабочем месте оператора котельной не ниже 300 лк для систем общего освещения и 750 лк при комбинированном освещении.

Аварийное освещение составляет 5% от нормируемого, то есть 15 лк.

Освещение рабочих помещений также должно удовлетворять следующим условиям:

- должна быть обеспечена равномерность и устойчивость уровня освещенности в помещении, должны отсутствовать резкие контрасты между освещенностью рабочей поверхности и окружающего пространства;
- не должно создаваться блеска источниками света и другими предметами в поле зрения;
- искусственный свет, который используется на предприятиях, по своему спектральному составу должен приближаться к естественному.

Для рациональной организации освещения и повышения видимости производственные помещения и оборудование целесообразно окрашивать в светлые тона.

Недостаточное освещение может привести к ухудшению зрения. Для предотвращения этого необходимо применять местное освещение.

Превышение же световых норм может также привести к ослеплению. Если причиной этого может послужить естественный свет, следует использовать шторы или жалюзи на окнах. Если искусственный, то следует использовать затемняющие светофильтры на источниках света.

## **5.5 Механическая опасность**

К механическим опасностям относятся:

- вибрация;
- движущиеся части машин и механизмов.

Вибрация – это сотрясение конструкций, машин, механизмов, сооружений, возникающее вследствие неуравновешенных силовых воздействий.

Предельно допустимый уровень (ПДУ) вибрации – это уровень фактора, который при ежедневной (кроме выходных дней) работе, но не более 40 часов в неделю в течение всего рабочего стажа, не должен вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений. Соблюдение ПДУ вибрации не исключает нарушение здоровья у сверхчувствительных лиц.

Гигиеническая оценка постоянной и непостоянной вибрации, воздействующей на человека, должна производиться следующими методами:

- частотным (спектральным) анализом нормируемого параметра;

- интегральной оценкой по частоте нормируемого параметра;
- интегральной оценкой с учетом времени вибрационного воздействия по эквивалентному (по энергии) уровню нормируемого параметра.

Нормируемый диапазон частот, согласно СН 2.2.4/2.1.8.566-96 устанавливается:

для локальной вибрации в виде октавных полос со среднегеометрическими частотами: 8; 16; 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000 Гц;

для общей вибрации в виде октавных или 1/3 октавных полос со среднегеометрическими частотами: 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,15; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0; 10,0; 12,5; 16,0; 20,0; 25,0; 31,5; 40,0; 50,0; 63,0; 80,0 Гц.

Для ослабления вибрации агрегаты ставят на самостоятельные фундаменты. Также проведение своевременного технического обслуживания и ремонта насосов и других источников вибрации (устранение соударений и дисбаланса движущихся масс).

Мероприятия: в цехах очистных станций все агрегаты установлены на отдельные фундаменты.

#### Запыленность воздуха рабочей зоны

Источником пыли на рабочем месте является большое количество выделяющейся пыли при дроблении. Состав пыли определяется составом шихты. Наличие наиболее вредной составляющей пыли SiO<sub>2</sub> - не более 5-7 %. Согласно ГОСТ 12.1.005-88 предельно-допустимая концентрация такой пыли - ПДК = 6 мг/м<sup>3</sup>.

Фактическая величина и допустимый уровень запыленности на рабочих местах представлен в табл. 5.4.

Таблица 5.4 Фактический и допустимый уровень запыленности

Вредный производственный фактор	Фактическая величина	Нормативная величина	Нормативный документ
Пыль с содержанием SiO <sub>2</sub> 2-10%	0,5-2,0	6,0	ГОСТ 12.1.005-88

Фактическая величина не превышает 0,5-2 мг/м<sup>3</sup> в разные периоды реконструкции. При очистке оборудования от осевшей пыли концентрация ее в воздухе рабочей зоны поднимается до 8-12 мг/м<sup>3</sup>. В этот период работ используются марлево – ватные респираторы.

Снижение запыленности до низких величин обусловлено значительным уменьшением количества отложенной пыли в месте проведения реконструкции и вентилированием рабочей зоны посредством общеобменной вентиляцией (аэрацией).

Основные методы борьбы с пылью:

- увлажнение водой до допустимых пределов;
- устройство пылеулавливающей вентиляции от мест образования с очисткой воздуха перед выбросом в атмосферу;
- применение средств индивидуальной защиты (спецодежда, респираторы, защитные очки и щитки).

## 5.6 Электробезопасность

Электробезопасность – это система организационных, технических мероприятий, а также средств защиты от поражений человека электрическим током. Организационные мероприятия включают в себя выбор рациональных режимов работы персонала по обслуживанию электроустановок, ограничение мест и времени пребывания персонала в зоне воздействия электрического тока. Опасное и вредное воздействие на людей электрического

тока проявляется в виде электротравм и профзаболеваний. Основными потребителями электроэнергии являются электродвигатели дымососов, вентиляторов. Действующим нормативным документом является: ГОСТ 12.2.003-91 «Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности».

При работе на таком специфическом производстве, как золотодобыча, не исключено попадание рабочего персонала под действие электрического тока. Воздействие электрического тока на организм человека приведено в таблице 1.5.

Таблица 5.5 Виды воздействия электрического тока на организм человека

Сила тока, мА	Характер воздействия	
	Переменный ток 50 – 60 Гц	Постоянный ток
0.6 – 1.5	Начало ощущения, легкое дрожание пальцев рук.	Не ощущается.
2 – 3	Сильное дрожание пальцев рук.	Не ощущается.
5 – 10	Судороги рук.	Зуд, ощущение нагрева.
12 – 15	Руки трудно оторвать самостоятельно от электродов.	Усиление нагрева.
20 – 25	Руки парализуются немедленно, оторвать их от электродов невозможно. Очень сильные боли. Затруднение дыхания. Состояние терпимо не более 5 с.	Еще большее усиление нагрева. Незначительное сокращение мышц рук.
50 – 80	Паралич дыхания. Начало трепетания желудочков сердца.	Сильное ощущение нагрева. Сокращение мышц рук. Судороги. Затруднение дыхания.
90 – 110	Паралич дыхания. При длительности 5 с и более установившихся трепетаний желудочков – паралич сердца.	Паралич дыхания.
3000 и более	Паралич дыхания и сердца при воздействии тока более 0.1 с.	Поражение дыхания и сердца при воздействии тока более 0.1 с.

При поражении электрическим током необходимо как можно быстрее освободить пострадавшего от действия электрического тока (отключить электроустановку, которой касается пострадавший, с помощью выключателя,

рубильника или другого отключающего аппарата, а также путем снятия предохранителей, разъема штепсельного соединения) [27].

При отделении пострадавшего от токоведущих частей, к которым он прикасается, оказывающий помощь не должен прикасаться к пострадавшему без применения надлежащих мер предосторожности, так как это опасно для жизни. Он должен следить за тем, чтобы самому не оказаться в контакте с токоведущей частью или под напряжением шага, находясь в зоне растекания токозамыкания на землю.

При напряжении до 1000 В для отделения пострадавшего от токоведущих частей или провода следует воспользоваться канатом, палкой, доской или каким-либо другим сухим предметом, не проводящим электрический ток. Можно оттащить пострадавшего от токоведущих частей за одежду (если она сухая и отстает от тела), избегая при этом прикосновения к окружающим металлическим предметам и частям тела пострадавшего, не прикрытым одеждой. Можно оттащить пострадавшего за ноги, при этом оказывающий помощь не должен касаться его обуви или одежды без средств электрозащиты своих рук, так как обувь и одежда могут быть сырыми и являться проводниками электрического тока. Можно изолировать себя от действия электрического тока, встав на сухую доску. При отделении пострадавшего от токоведущих частей следует действовать одной рукой [27].

Если электрический ток проходит в землю через пострадавшего, который сжимает в руке провод, находящийся под напряжением, то прервать действие электрического тока можно следующим образом: отделить пострадавшего от земли (подсунуть под него сухую доску или оттянуть ноги от земли веревкой или одеждой); перерубить провод топором с сухой деревянной рукояткой; сделать разрыв, применяя инструмент с изолирующими рукоятками (кусачки, пассатижи).

При напряжении выше 1000 В для отделения пострадавшего от токоведущих частей оказывающий помощь должен надеть диэлектрические перчатки и боты и вместо подручных средств (сухой палки, доски, других не проводящих электрический ток предметов) действовать изолирующей штангой или изолирующими клещами (при их наличии), рассчитанными на соответствующее напряжение.

Если пострадавший находится на высоте, то отключение установки и тем самым освобождение пострадавшего от действия тока может вызвать его падение с высоты. В этом случае необходимо принять меры для предотвращения дополнительных травм [27].

В тех случаях, когда пострадавший от поражения электрическим током не дышит или дышит редко, судорожно, необходимо проводить искусственное дыхание. В случае отсутствия дыхания и пульса надо немедленно применить искусственное дыхание и непрямой массаж сердца. Искусственное дыхание и непрямой массаж сердца делаются до тех пор, пока не восстановится естественное дыхание пострадавшего или до прибытия врача.

После того как пострадавший придет в сознание, необходимо при наличии у него электрического ожога на место электрического ожога наложить стерильную повязку.

Мероприятия: Для устранения опасности поражения людей электрическим током при замыкании применяется защитное заземление (согласно ПУЭ), то есть специальное соединение металлических частей оборудования с землей, а также разделение сети на отдельные, электрически не связанные между собой участки с помощью специальных разделяющих трансформаторов.

## 5.7 Пожаровзрывобезопасность

Пожар – это неконтролируемое горение, вне специального очага, наносящее материальный ущерб.

Пожаробезопасность – состояние объекта, при котором исключена возможность возникновения пожара, а если произойдет, то обеспечивается своевременная эвакуация людей и материальных ценностей [28].

Для тушения пожаров используют:

- воду, которая может подаваться сплошной или распыленной струей;
- пену, которая состоит из пузырьков воздуха или из пузырьков диоксида углерода (CO<sub>2</sub>);
- инертные газовые разбавители (аргон, водяной пар, N<sub>2</sub> и различные дымовые газы);
- гомогенные ингибиторы (хладоны);
- гетерогенные ингибиторы (огнетушащие порошки).

Взрыв – это мгновенное изменение физического или химического состава вещества, сопровождаемое быстрым выделением энергии.

Наибольшую опасность представляет собой детонация – распространение горения ударной волной. При взрыве газовых смесей происходит мгновенное химическое превращение с резким выделением энергии и образованием нагретых сжатых газов, которые в свою очередь образуют ударную волну.

Помещения по взрывопожароопасности разделяются на 6 групп:

А – взрывопожароопасные (с температурой вспышки не более 28 °С);

Б – взрывопожароопасные (с температурой вспышки более 28 °С);

В – легко воспламеняемые (горючие и трудногорючие жидкости);

Г – пожароопасные (негорючие материалы, но в раскаленном состоянии);

Д – непожароопасные (негорючие вещества в холодном состоянии);

Е – взрывоопасные (возможен взрыв без последующего горения).

Действующим нормативным документом является: ГОСТ 12.1.004. 91 «ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования». Класс В – 1А – зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальной эксплуатации взрывоопасные смеси горючих газов или паров легко воспламеняющихся жидкостей с воздухом не образуется, а образование таких смесей возможно только в результате аварий и неисправностей. Источниками пожара могут быть неисправности электрооборудования, осветительных приборов; выход из строя приборов автоматики.

Для предупреждения образования взрывоопасных газозвушных смесей большое значение имеет контроль воздушной среды производственного помещения. Наиболее прогрессивен контроль воздушной среды производственных помещений автоматическими сигнализаторами до взрывных концентраций. Для борьбы с пожаром, цех оборудован противопожарным инвентарем по существующим нормам противопожарной охраны [29].

В состав этого инвентаря входят:

- пенные химические огнетушители;
- порошковые огнетушители;
- гидранты;
- ящики с песком;
- лопаты;
- ведра.

Весь инвентарь расположен в доступном месте на входе в котельную. Для быстрого вызова пожарной службы в котельных установлены телефоны.

Мероприятия для предотвращения пожаров и взрывов:

- осторожное обращение с огнем;
- постоянное наблюдение за трубопроводами;
- необходим непосредственный контроль рабочего персонала за ходом технологического процесса и соблюдение элементарных мер по технике безопасности;
- проведение газосварочных работ с соблюдением строжайших мер по технике безопасности.

### **5.8 Экологическая безопасность**

Экологическая безопасность – это состояние защищенности окружающей природной среды от вредного воздействия на нее хозяйственной и иной деятельности.

Под охраной окружающей среды характеризуется различного рода мероприятиями влияющие на следующие природные зоны:

- атмосфера;
- гидросфера;
- литосфера.

Основными направлениями воздействия горнодобывающих предприятий на окружающую среду являются:

- изъятие минерально-сырьевых (топливно-энергетические ресурсы, цветные и черные металлы, горно-химическое сырье, гидроминеральные ресурсы) и экологических ресурсов (земля, вода, воздух, флора, фауна);
- химическое и тепловое загрязнение биосферы;

- физическое воздействие (акустическое, электромагнитное, радиоактивное).

Характер поступления загрязняющих веществ в атмосферу, водные объекты, на почву определяется:

- максимально разовым выбросом и сбросом;
- годовым выбросом, сбросом загрязняющих веществ.

Основным видом воздействия предприятия на состояние воздушного бассейна является загрязнение атмосферного воздуха выбросами загрязняющих веществ [30].

- продукты сгорания топлива;
- выбросы газообразных и взвешенных веществ от производства;
- испарение из емкостей для хранения химических веществ и топлива;
- пыль с поверхности карьера, отвалов, хвостохранилищ, из узлов погрузки, разгрузки и сортировки сыпучих материалов.

Источниками загрязнения поверхностных и подземных вод являются:

- хозяйственно-бытовые сточные воды;
- шахтные воды;
- оборотные воды из хвостохранилища цехов обогащения;
- оборотные воды из хвостохранилища цеха гидрометаллургии;
- поверхностный сток с селитебных территорий и промплощадок;
- осадки, выпадающие на поверхность водных объектов и содержащие пыль и загрязняющие вещества от промышленных выбросов;
- места хранения отходов производства;

## **5.9 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

Охрана труда – система законодательный и иных нормативных документов РФ и соответствующих им социально-экономических, санитарно-гигиенических, организационно-технических, лечебно-профилактических, реабилитационных и иных мероприятий, направленных на сохранение здоровья и обеспечение безопасности человека в процессе труда.

Нормативная база охраны труда (ОТ):

1. Конституция РФ,
2. Основы законодательства РФ об охране труда (Федеральный закон 181-ФЗ «Об основах охраны труда в Российской Федерации»),
3. Трудовой кодекс РФ,
4. Стандарты в области безопасности труда (ССБТ – система стандартов безопасности труда),
5. Санитарные нормы по различным аспектам условий труда,
6. Строительные нормы и правила (СНиП),
7. Отраслевые нормы и правила по ОТ, которые учитывают особенности труда в данной отрасли,
8. Инструкции по ОТ, разрабатываемые для каждой профессии или для определённого вида работ.

## Заключение

При проведении данного исследования были рассмотрены типовые особенности воздействия горнодобывающих предприятий на окружающую среду. Анализ работы золоторудного предприятия «Макмалзолото» показал, что подземные и поверхностные воды в районе предприятия характеризуются повышенным содержанием ртути, меди, цинка, железа, сульфат-иона, редких металлов, превышение ПДК по которым достигает 600–700 раз. Для почв характерно высокое содержание тяжелых металлов в зоне радиусом до 3–5 км от источника самого загрязнения с превышением ПДК до 50 раз.

Проведенный анализ эффективности существующих очистных сооружений показал необходимость совершенствования системы очистки сточных вод золотодобывающего предприятия. На основе изучения существующих процессов очистки сточных вод на предприятия предложены методы их усовершенствования. Для снижения концентрации хрома в производственных сточных водах до концентрации, допустимой для их подачи в основной поток и на очистные сооружения, рекомендовано включить в технологическую схему очистки электрокоагуляционную установку. Для очистки шахтной воды предложено использовать адсорбционно-ионообменный сорбент на основе природного минерала. Оценка заполнения хвостохранилища показала, что при годовом выходе хвостов 36546720 т/год его объем достаточен для приема хвостов с коэффициентом заполнения 0,75. Проведен расчет локальных очистных сооружений на среднесуточный расход 1037,5 м<sup>3</sup>/сут.

В дальнейшем предложения по оптимизации очистки сточных вод могут использоваться при разработке и проектировании очистных сооружений горнодобывающих предприятий.

## Список публикаций студента

1. Фахртдинова О.А. Исследование свойств модифицированного шивыртуйского цеолита [Электронный ресурс] / О. А. Фахртдинова, О.Б. Назаренко [и др.] // Энергетика: эффективность, надежность, безопасность: материалы XX Всероссийской научно-технической конференции, 2-4 декабря 2014 г., Томск 2 т. / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ) [и др.] ; ред. кол. В. В. Литвак [и др.]. – 2014. –Т. 2. – [С. 114-116].
2. Фахртдинова, О. А. Анализ технологии очистки сточных вод хвостохранилищ золотодобывающего предприятия [Электронный ресурс] // Неразрушающий контроль: электронное приборостроение, технологии, безопасность: сборник трудов V Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых: в 2 т., Томск, 25-29 Мая 2015. - Томск: ТПУ, 2015 - Т. 2 - С. 351–353.
3. Фахртдинова О.А. Очистка сточных вод горнодобывающего предприятия фильтрами из волокнистых полимерных материалов // Энергетика: эффективность, надежность, безопасность: материалы XXI Всероссийской научно-технической конференции, 2-4 декабря 2015 г., Томск 2 т. / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ) [и др.] ; ред. кол. В. В. Литвак [и др.]. – 2015. – Т. 2. – [С. 159-160].
4. Фахртдинова О.А. Оптимизация процессов очистки сточных вод на локально очистных сооружениях горнодобывающего предприятия. // Неразрушающий контроль: электронное приборостроение, технологии, безопасность: сборник трудов V Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых: Томск, 24-28 Мая 2016. - Томск: ТПУ, 2016. – (в печати).

## Список использованных источников

1. Мирзаев Г.Г. Экология горного производства. / Г.Г. Мирзаев, Б.А. Иванов. – М.: Недра, 1991.
2. Михайлов Ю. В. Горнопромышленная экология: учебное пособие. / Ю. В. Михайлов, В. В. Коворова, В. Н. Морозов; под ред. Ю. В. Михайлова. – М.: Изд. центр «Академия», 2011. – 336 с.
3. Певзнер М.Е. Горное дело и охрана окружающей среды. – М: изд-во МГТУ, 2000. – 300 с.
4. Николин В.И. Охрана окружающей природной среды в горной промышленности. / В.И.Николин, Е.С.Матлак. – К.; Донецк: Высшая школа. Головное изд-во, 1987. – 192 с.
5. Воронов Е.Т. О возможности подземного выщелачивания золота из россыпных месторождений. / Е.Т. Воронов, С.Н. Тимощенко, М.А. Урунов / Известия вузов. Горный журнал. – Екатеринбург: УГГУ, 2009. № 2. – С. 15 – 21.
6. Очистка сточных вод (примеры расчетов) / Учебное пособие для вузов по спец. "Водоснабжение и канализация". / М.П.Лапицкая, Л.И.Зуева, Н.М.Балаескул, Л.В.Кулешова. – Мн.: Выш. школа, 1983. – 255 с.
7. Аксенов С.Г. Основные принципиальные положения конструирования ограждающих сооружений хвосто- и шламохранилищ // Белгород: ГУПВИОГЕМ. – 1997. – № 1. – С. 144 – 150.
8. Евдокимов П.Д. Проектирование и эксплуатация хвостовых хозяйств обогатительных фабрик. / П.Д. Евдокимов, Г.Т. Сазонов. – М.: Недра, 1978.
9. Кибирев В.И. Гидравлическое складирование хвостов обогащения./ Кибирев В.И., Райлян Г.А., Сазонов Г.Г. М.: Недра, 1991. – 207 с.
10. Кутепов Ю.И. Обеспечение безопасных условий эксплуатации гидроотвалов и хвостохранилищ. // Проблемы геодинамической безопасности. Материалы II Международного рабочего совещания 24 – 27 июня 1997 г. – СПб.: ВНИМИ, 1997. – с. 252 – 258.

11. Ayres, R. U. "Materials and the global environment: Waste mining in the 21st century" / Ayres, R. U., Holmberg, J., Andersson, B., Mrs Bull. 2001.
12. Геоэкологическая безопасность и риск природно-техногенных катастроф на территории Кыргызстана. / Сост. И.А. Торгоев, Ю.Г. Алёшин, Б.Б. Молдобаева – Б.: «ЖЭКА» Лтд, 1999. – 288 с.
13. Экологический паспорт предприятия АО «Макмал».
14. Айтматов И.Т. Геоэкологические проблемы в горнопромышленном комплексе Кыргызстана – Наука и новые технологии. Айтматов И.Т., Торгоев И.А., Алёшин Ю.Г. 1997. – №1. – С. 129 – 137.
15. Национальная стратегия и план действий по устойчивому развитию горных территорий Республики Кыргызстан. – Бишкек, 2006.
16. Камчибеков Д.К. Состояния и перспективы развития горной промышленности Кыргызстана. – Б.: Наси 2003. – 248 с.
17. Телепнев С.С. Современное состояние очистки сточных вод золотоизвлекательных фабрик. / С.С. Телепнев // Цветные металлы. 1980. – №9. – С. 102 – 106.
18. Большаков А. Definition of possible scenarios of occurrence, development and realization probability of emergencies on on dangerous industrial objects at low temperatures of exploitation / А. Большаков, М. Захарова // Journal of International Scientific Publications: Materials, Methods & Technologies/ – 2012. – Vol. 6, №3. – P.4 – 16.
19. Карелин В.Я. «Насосы и насосные станции». / В.Я. Карелин, А.В. Минаев.// Москва: Стройиздат,1986 г.
20. Базякина Н.А. Очистка концентрированных промышленных сточных вод. Москва: Стройиздат, 1992.
21. Кофман В. Я. Обезвреживание цианистых стоков на золотоизвлекательных фабриках./ В. Я. Кофман // Цветные металлы. 1986. – № 11. – С. 91 – 94.
22. Ласков Ю. М. Примеры расчетов канализационных сооружений. / Ласков Ю. М.. М.: Высш. шк. – 19 с.

23. Кузьмина Е.А. Методы поиска новых идей и решений "Методы менеджмента качества". 2003 г.
24. Кузьмина Е.А, Кузьмин А.М. Функционально-стоимостный анализ. Экскурс в историю. "Методы менеджмента качества". 2002 г.
25. Основы функционально-стоимостного анализа: Учебное пособие. / Под ред. Карпунина М.Г. и Майданчика Б.И. – М.: Энергия, 1980. – 175 с.
26. ГОСТ 12.0.004-90. Организация обучения работающих безопасности труда. Общие положения.
27. ГОСТ 12.1.019 – 79 (с изм. №1) ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
28. ГОСТ 12.1.041 – 83. Пожаровзрывобезопасность горючих пылей.
29. ГОСТ 12.1.044 – 89. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения.
30. снп 3.05.04-85. Наружные сети и сооружения водоснабжения и канализации промышленных предприятий. Производство и приемка работ.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### Раздел 1.3

#### Types of tailings and the reasons for their formation

Студент:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
1ЕМ41	Фахртдинова Ольга Альфировна		

Консультант кафедры ЭБЖ:

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Профессор	Назаренко Ольга Брониславовна	д.т.н		

Консультант – лингвист кафедры ИЯФТ:

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Крицкая Надежда Вадимовна	к.ф.н		

## **Types of tailings and the reasons for their formation**

Tailings gold mine located in the Kyrgyz Republic. Gold recovery process provided ground ore flotation, extraction of gold from the concentrate with alkali cyanide with subsequent deposition on charcoal.

Tailings after processing will be sent by pipeline to the tailings pond, located 500 meters from the plant.

Tailings consist of ground rock and process effluents that are generated in a mine processing plant. Mechanical and chemical processes are used to extract the desired product from the run of the mine ore and produce a waste stream known as tailings. This process of product extraction is never 100% efficient, nor is it possible to reclaim all reusable and expended processing reagents and chemicals.

The unrecoverable and uneconomic metals, minerals, chemicals, organics and process water are discharged, normally as slurry, to a final storage area commonly known as tailings. Not surprisingly the physical and chemical characteristics of tailings and their methods of handling and storage are of great and growing concern.

Tailings, also called mine dumps, culm dumps, slimes, tails, refuse, leach residue or slickens, are the materials left over after the process of separating the valuable fraction from the uneconomic fraction (gangue) of an ore.

Tailings are distinct from overburden, which is the waste rock or other material that overlies an ore or mineral body and is displaced during mining without being processed. The amount of tailings can be large, ranging from 90 – 98% for some gold ores to 20 – 50% of the other, less valuable, minerals.

The extraction of minerals from ore can be done two ways: placer mining, which uses water and gravity to concentrate the valuable minerals, or hard rock

mining, which pulverizes the rock containing the ore and then relies on chemical reactions to concentrate the sought-after material.

In the latter, the extraction of minerals from ore requires comminution, i.e., grinding the ore into fine particles to facilitate extraction of the target element. Because of this combination, tailings consist of a slurry of fine particles, ranging from the size of a grain of sand to a few micrometers.

Mine tailings are usually produced from the mill in slurry form, which is a mixture of fine mineral particles and water.

Early mining operations often did not take adequate steps to make tailings areas environmentally safe after closure. Modern mines, particularly those in jurisdictions with well-developed mining regulations and those operated by responsible mining companies, often include the rehabilitation and proper closure of tailings areas in their costs and activities.

Historically, tailings were disposed of in the most convenient manner, such as in downstream running water or down drains. Because of concerns about these sediments in the water and other issues, tailings ponds came into use. The sustainability challenge in the management of tailings and waste rock is to dispose of material, such that it is inert or, if not, stable and contained, to minimize water and energy inputs and the surface footprint of wastes and to move toward finding alternate uses.

Tailings are generally stored on the surface either within retaining structures or in the form of piles (dry stacks) but can also be stored underground in mined out voids by a process commonly referred to as backfill.

Backfilling can provide ground and wall support, improve ventilation, provide an alternative to surface tailings storage and prevent subsidence.

The challenges associated with tailings storage are ever increasing. Advances in technology allow lower grade ores to be exploited, generating higher volumes of waste that require safe storage.

Environmental regulations are also advancing, placing more stringent requirements on the mining industry, particularly with regard to tailings storage practices. This ultimately places added pressure on the operators of a tailings facility who carry out the day to day roles of tailings discharge and water management. Tailings scheme is presented in Figure 1.

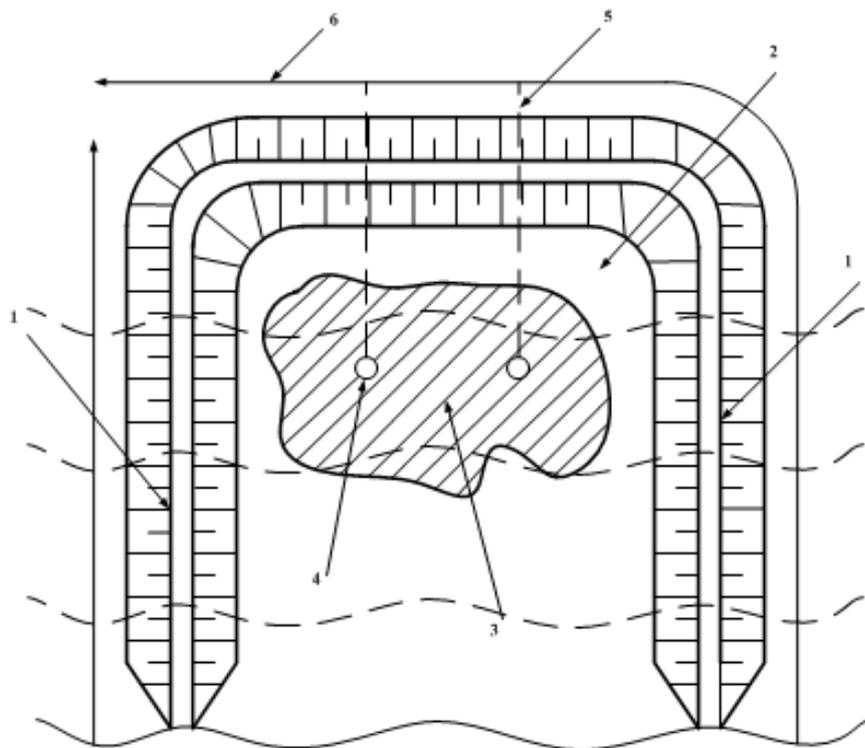


Figure 1 – Tailings adjacent on one side to the slope, on the other side fenced by dams

1 – dams;

2 – overwater beach;

3 – spillway sump;

4 – spillway well;

5 – water discharge manifold.

### **Water balance of the tailings dam.**

The water coming to the tailings storage facility mainly originates from the tailings discharge, which can vary from 5-50% of sludge percentage.

Other sources of water are the rainfall and the surface drainage from the dam levees.

The waters leaving the tailings storage facility are due to seepage, decantation, overflowing in the planned and unplanned situations and the evaporation. The amount of the seepage can be measured by weirs of V-notch, rectangular or trapezoidal type.

The operational manual should include the description of overflow spillways (during the use of the dam and the different stages of construction) and of reserve basins and/or ditch systems for diverting the waste substance if its surface exceeds the safety level.

Also the description of the methods of by-passing the water from the surrounding area should be added to the management procedures.

As a fluid management plan the monitored items of the tailings impoundments should be:

1) normal size and depth of supernatant pond;

2) anticipated dimensions of pond after design

storm event;

3) leak detection or vadose monitoring well locations.

## **Increasing the height of the tailings dam**

One of the typical features of the tailings dams is the continuous need for increasing the height of the dam. The different methods for that are upstream, downstream and centerline methods.

When evaluating the effects of the increasing of the dams on the stability and other properties the items to be considered and reported are:

- planned increasing of height
- planned time schedule for the increasing of height
- method of construction
- materials used in the increasing of height

## **Decommissioning and remediation of tailings dams**

The method of decommissioning the tailings facility depends on the characteristics of the impounded material.

The different alternatives are tearing down the dam, surface cover structures and preventing the environmental impacts caused by the tailings facility

## **Nature of tailings**

The process of beneficiation of run of the mine ores and subsequent disposal to surface containment facilities exposes elements to accelerated weathering and can consequently increase their mobilization rates. The addition of reagents used in mineral processing may also change the chemical characteristics of the processed minerals and therefore the properties of the tailings and waste rock.

The disposal of tailings is commonly identified as the single most important source of environmental impact for many mining operations. This is not surprising when considering that the volume of tailings requiring storage can often exceed the in-situ total volume of the ore being mined and processed.

Over the last century the volumes of tailings being generated has grown dramatically as the demand for minerals and metals has increased and lower grades of ore are being mined through advances in extraction and processing technology.

Today there are individual mines producing in excess of 200,000 tones of tailings per day. Understanding the mineral processing techniques can help to determine how tailings are produced and the challenges associated with their storage.

### **Tailings characteristics**

Tailings characteristics can vary greatly and are dependent on the ore mineralogy together with the physical and chemical processes used to extract the economic product. Tailings of the same type may possess different mineralogy and therefore will have different physical and chemical characteristics.

The tailings characteristics have to be determined to establish the behavior of the tailings once deposited in their final storage location and the potential short and long term liabilities and environmental impacts. Once the likely characteristics of the tailings are determined from laboratory and pilot plant tests, the necessary design requirements can be identified to mitigate environmental impact as well as determine optimum operational performance.

Liberation of water from the tailings once discharged in a facility and the volume available for return pumping to the processing plant is an important design parameter influencing the water balance of a mining project. This liberation is dependent on the physical properties of the tailings deposited and can be estimated through laboratory testing of the tailings at different solids concentrations. This parameter can influence the type of tailings storage method used to prevent discharge of water to a tailings storage area in addition to minimizing seepage and evaporation losses.

To help determine the design requirements of a tailings storage facility, the following characteristics of the tailings will need to be established:

- Chemical composition (including changes to chemistry through mineral processing) and its ability to oxidize and mobilize metals;
- Physical composition and stability (static and seismic loading);
- Behavior under pressure and consolidation rates;
- Erosion stability (wind and water);
- Settling, drying time and densification behaviour after deposition;
- Hard pan behavior (e.g. crust formation on top of the tailings).

Depending on the process device, all existing tailings are divided into:

- dam or tank in which the protecting devices are built directly on the entire height;
- gradual construction of the repository in which the first primary erecting a dam low altitude, which is necessary for the organization, and then complete the storage height by the gradual construction of dams secondary dikes;
- dam - exclude the construction of the primary dike and platinum.

#### **Types of tailings:**

- plain – located on flat terrain with bund around the perimeter; advantage is no need to dump waste water and building water discharge facilities;
- mine;
- ravine – is located in the ravines, which are blocked by the dam;
- floodplain – located on floodplains, depending on the terrain, with the bund with two or three sides;
- career.

Dangers of tailings to the environment:

- Contamination of groundwater and surface water;
- Pollution due to dusting, air;

- Pollution of land through wind entrainment of dust;
- Land pollution through infiltration from underground aquifers, etc.

#### Education dumps and tailings:

- extraction and concentration of mineral ores (Al, Fe, Mn, Ti, Cu, U, S, Pb, et al.);
- coal mining and refining;
- gold mines;
- metallurgical plants;
- coke plants.

#### Class solidity tailings

Class solidity tailings	The capacity of the tailings	Out waste	The height of dams or levee	The degree of accountability structures. The consequences of their destruction.
I	More than 100	More than 10000	More than 50	Special responsibility. The accident is associated with catastrophic consequences for industry, as well as serious pollution of water reservoirs.
II	More than 100	More than 100	More than 50	Special responsibility. Causes inundation, poisoning and pollution of water bodies.
III	100 - 10	10000-5000	50 - 20	An accident can cause serious consequences for the settlements.
IV	Less than 10	5000 - 1000	Less than 10	Accident causes flooding of land and water pollution, which are not suitable for use at this time.
V	Less than 10	Less than 10000	Less than 20	Temporary structures.

In the event of failure of dams or water intake structures shall be defined:

- the danger zone boundaries;
- boundaries of the flood zone;
- boundaries of groundwater contamination;
- border pollution of surface waters and the effects of these contaminants;
- air pollution.

### **Hazardous Properties**

Toxic chemicals used to extract the valuable materials from the ore, such as the cyanide used in gold mining, remain in the tailings at the end of the process, and may leach out into ground water. Rock may naturally contain dangerous chemicals, such as arsenic and mercury, which leach into water much more readily after rock has been ground up and exposed to the wind and the rain.

Acid mine drainage is the most frequent and widespread problem. Many hardrock mines (including most gold mines) extract minerals that are bound up with sulfide compounds. These compounds produce sulfuric acid on contact with air and water, a process that occurs at a very low rate in undisturbed rock, at a higher rate in unprotected waste rock (which has a large surface area and is now exposed to air) and a much higher rate in unprotected mine tailings which have a massive surface area. The result can be the production of very acidic water, which additionally leaches metals and other chemicals from the surrounding rock.

Most modern hardrock metal mines dispose of tailings as a wet mud, held in pits lined with clay or a synthetic liner. Many mines put the tailings back into the original mining pit. Some large mines use entire existing valleys sealed off with earthen dams, and others store tailings in natural lakes. In most cases, disposal pits are covered with water, forming an artificial lake which reduces the rate of acid formation.

Wet storage often requires long-term oversight, to monitor and attempt to mitigate contaminated groundwater movement, and to maintain any crucial facilities, such as dams. Many wet storage facilities require perpetual water treatment.

Attention at the design stage to the critical issues that can affect the long term safety of a tailings dam, will pay dividends throughout the life of the dam.

The primary features affecting the design of a tailings disposal facility include:

1. The rate of tailings delivery and potential future changes.
2. The properties of the tailings and potential future variations.
3. The influence of additives on the properties, e.g. thickener flocculants.
4. The properties of the disposal area site foundations.
5. Possible influence of seismic loading.
6. Rainfall and evaporation rates.
7. Requirement for water cover and its depth.

From the point of view of the dam itself, factors affecting stability include:

- 1) Detailed foundation conditions.
- 2) Ultimate height and angle of the outer slope.
- 3) The rate of deposition and the detailed properties of the tailings.
- 4) Provision of adequate drainage.
- 5) Seismic influences.
- 6) Control of hydrology to avoid overtopping or dangerous rises of the phreatic surface within the dam body.

### **Risk management**

The failure of a tailings dam and the uncontrolled release of the impounded waste may have serious consequences for the public safety, the environment.

Some of the types of consequences can include the following:

Economic Consequences: Included under this heading are the costs of repair or reconstruction of the dam and impoundment and the effects on the operator of the facility of a temporary lack of storage for waste.

Public Safety: Public attention has increasingly focused on matters relating to safety and a hazard which may affect a large number of people in a single catastrophe is less acceptable than every day hazards which may in aggregate cause far more deaths but in each incident affect only one or two individuals.

An imposed and involuntary exposure due to living close to some hazard is much less acceptable than a voluntary exposure to a high risk activity.

Environmental damage:

The release of a substantial quantity of waste material which then flows over a large area of surrounding ground may cause massive environmental damage, particularly if the waste is toxic.

There are also risks associated with incremental events over a longer term such as dust dispersion, groundwater contamination, landslide or ground instability.

The Risk Management process involves carrying out a risk assessment to assess the potential failure modes and consequences, a risk management plan to reduce the risks through design or operations, and a contingency plan to develop an optimal response to failures.

### **Seismic Safety Standards for Tailings Dams.**

There is a risk that a large earthquake might cause catastrophic failure of a tailings dam, with the release of a large amount of tailings, and could lead to long term environmental damage with huge cleanup costs.

The probability of such a catastrophic failure is low, but the consequences should it occur are very high.

Cleanup costs are usually borne by the public, and if the tailings are not cleaned up, then the long term environmental and social costs would also be borne by the public.

When planning a dam, the design seismic event is often described with two terms, the operating basis earthquake and the maximum design Earthquake.

The operating basis earthquake represents the ground motions or fault movements from an earthquake considered to have a reasonable probability of curing during the functional life-time of the project.

The maximum design earthquake represents the ground motions or fault movements from the most severe earthquake considered at the site, relative to the acceptable consequences of damage in terms of life and property/

Since a tailings dam must stand in perpetuity, the operating basis earthquake should be equivalent to the maximum design earthquake.

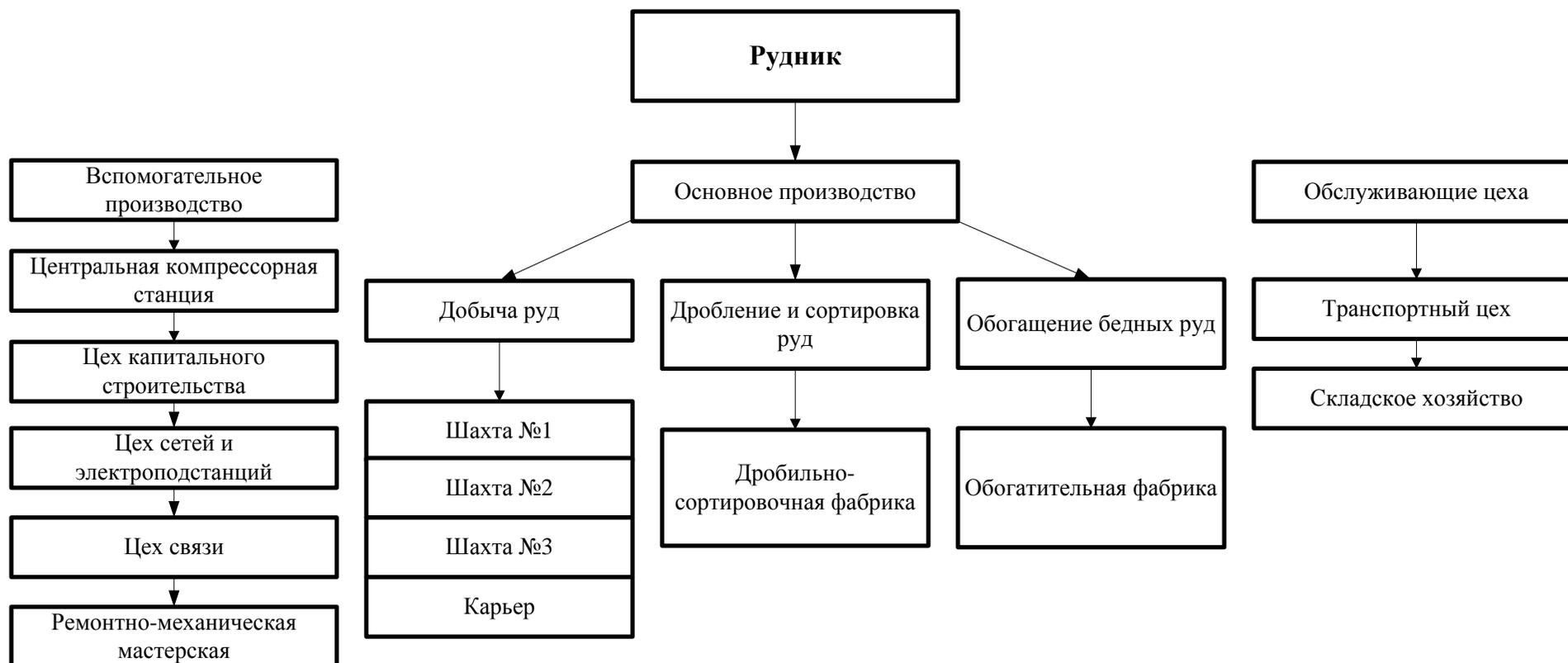
Dangers of tailings to the environment:

- Contamination of groundwater and surface water;
- pollution due to dusting, air;
- pollution of land through wind entrainment of dust;

land pollution through infiltration from underground aquifers, etc.

**Приложение Б**  
(рекомендуемое)

Схема основного производства предприятия «Макмалзолото»



**Приложение В**  
(рекомендуемое)

Схема процесса очистки сточных вод на очистных сооружениях

**Экспликация**

- 1 - Усреднитель
- 2 - Станция дозирования
- 3 - Нейтрализатор
- 4 - Накопитель
- 5 - Аэротенк
- 6 - Метантенк
- 7 - Первичный отстойник
- 8 - Вторичный отстойник
- 9 - Илоуплотнитель
- 10 - Окситенк
- 11 - Ил на вторичное использование
- 12 - Дозирование коагулянта

