

ООО «Проекты и Технологии – Уральский Регион»



ПРОЕКТЫ и ТЕХНОЛОГИИ

СРО-П-168-22112011 Рег.номер 040413/620

Заказчик: ПАО «СУСУМАНЗОЛОТО»

**«Ликвидация выведенного из эксплуатации
хвостохранилища рудника «Ветренский»
и рекультивация нарушенных земель»**

Проектная документация

**Раздел 5. «Сведения об инженерном оборудовании, о сетях
инженерно-технического обеспечения, перечень
инженерно-технических мероприятий, содержание
технологических решений»**

Подраздел 7. «Технологические решения»

05.20.001-ИОС7

Том 3

2020

ООО «Проекты и Технологии – Уральский Регион»



ПРОЕКТЫ и ТЕХНОЛОГИИ

СРО-П-168-22112011 Рег.номер 040413/620

Заказчик: ПАО «СУСУМАНЗОЛОТО»

**«Ликвидация выведенного из эксплуатации
хвостохранилища рудника «Ветренский» и
рекультивация нарушенных земель»**

Проектная документация

**Раздел 5. «Сведения об инженерном оборудовании, о сетях
инженерно-технического обеспечения, перечень
инженерно-технических мероприятий, содержание
технологических решений»**

Подраздел 7. «Технологические решения»

05.20.001-ИОС7

Том 3

Генеральный директор

Главный инженер проекта



А.В. Широков

Д.Ф.Хайруллин

2020

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Исполнитель	Подпись	Фамилия И. О.
Куратор работы		Шадрин Д.М.
Главный инженер проекта		Хайруллин Д.Ф.
Научный руководитель, д.т.н.		Зотеев О.В.
Главный специалист по ОГР		Скорик Ю.А.
Инженер-проектировщик		Гильдебранд Л.И.
Инженер-проектировщик		Карпенко П.П.
Главный специалист-эколог		Зайцева И.П.
Ведущий инженер-эколог		Бичурина С.Э.

СОСТАВ ДОКУМЕНТАЦИИ

Том 1	05.20.001-ПЗ	Раздел 1 «Пояснительная записка»
Том 2	05.20.001-ПЗУ	Раздел 2 «Схема планировочной организации земельного участка»
Том 3	05.20.001-ИОС7	Раздел 5.7 «Технологические решения»
Том 4	05.20.001-ООС	Раздел 8 «Перечень мероприятий по охране окружающей среды»
Том 5.1	05.20.001-ОВОС1	Раздел 12. Часть 1 «Оценка воздействия на окружающую среду» Книга 1. Предварительная экологическая оценка. Проект технического задания на ОВОС
Том 5.2	05.20.001-ОВОС2	Раздел 12. Часть 1 «Оценка воздействия на окружающую среду» Книга 2. Материалы исследований ОВОС
Том 5.3	05.20.001-ОВОС3	Раздел 12. Часть 1 «Оценка воздействия на окружающую среду» Книга 3. Материалы исследований ОВОС. Материалы общественных обсуждений
Том 5.4	05.20.001-ОВОС4	Раздел 12. Часть 1 «Оценка воздействия на окружающую среду» Книга 4. Резюме нетехнического характера
Том 6	05.20.001-РНЗ	Раздел 12. Часть 2 «Проект рекультивации нарушенных земель»

СОДЕРЖАНИЕ

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ.....	3
СОСТАВ ДОКУМЕНТАЦИИ.....	4
СОДЕРЖАНИЕ.....	5
СПИСОК ТАБЛИЦ.....	6
1. ОБЩАЯ ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА	7
1.1. Общая информация	7
1.2. Исходные данные.....	7
2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ	10
2.1. Природно-климатическая характеристика и инженерно-геологические условия площадки.....	10
2.3 Наличие и общая характеристика существующих ГТС и/или прочих сооружений каскада водохранилищ на водном объекте	15
2.4 Информация о ГТС, входящих в комплекс объекта проектирования	15
3. ЛИКВИДАЦИЯ ХВОСТОХРАНИЛИЩА	17
3.1. Задачи при ликвидации хвостохранилища.....	17
3.2. Способ ликвидации хвостохранилища	17
4. ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО ЛИКВИДАЦИИ ХВОСТОХРАНИЛИЩА И РЕКУЛЬТИВАЦИИ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ.....	19
4.1. Планировка поверхности хвостохранилища	19
4.2. Разборка гребня дамбы	30
4.3. Противоэрозионные мероприятия.....	36
4.4. Календарь работ	37
5. ОХРАНА ТРУДА И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ	39
5.1. Охрана труда и промышленная санитария	39
5.2. Техника безопасности	39

ПРИЛОЖЕНИЕ

1. Расчет долговременной устойчивости ограждающий дамбы хвостохранилища рудника «Ветренский»

СПИСОК ТАБЛИЦ

Таблица 1 - Нормативные и расчетные значения показателей физико-механических свойств техногенных (намывных) грунтов	13
Таблица 2 – Гранулометрический состав хвостов ЗИФ.....	15
Таблица 3 - Распределение объемов выемки по рабочим зонам.....	20
Таблица 4 – Технические характеристики бульдозера Komatsu D375A-5.....	22
Таблица 5 – Расчет производительности бульдозера Komatsu D375A-5	22
Таблица 6 – Технические характеристики экскаватора	26
Таблица 7 – Технические характеристики автосамосвалов Volvo AF-30	26
Таблица 8 – Расчет производительности экскаватора Komatsu PC300-8 при погрузке буртов хвостов.....	26
Таблица 9 - Расчет производительности и рабочего парка автосамосвалов при перевозке буртов в чашу нового хвостохранилища.	28
Таблица 10 – Расчет производительности экскаватора Komatsu PC300-8 при разборке гребня дамбы.	33
Таблица 11 - Расчет производительности и рабочего парка автосамосвалов при перевозке скальных пород их гребня дамбы.....	34
Таблица 12 – Расчет производительности бульдозера Komatsu D375A-5 при планировке скального грунта	37
Таблица 13 – График выполнения работ	38

СПИСОК РИСУНКОВ

Рисунок 1 – Схема размещения гидротехнических сооружений хвостохранилища рудника «Ветренский» ООО «Электрум Плюс»	9
Рисунок 2 – Песок пылеватый, сезонноталый	12
Рисунок 3 – Песок пылеватый, твердомерзлый, льдистый.....	13
Рисунок 4. Поперечный разрез канавы в месте водосборника.....	19
Рисунок 5 – Распределение участка на рабочие зоны.....	20
Рисунок 6 - Схема работы БРА с набором породы	21
Рисунок 7 – Схема формирования и погрузки буртов снимаемого грунта.....	23
Рисунок 8 – Предполагаемая площадь для складирования хвостов.....	24
Рисунок 9 – Схема планирования при складировании.....	25
Рисунок 10 – Конструкция внутриплощадочной дороги.....	28
Рисунок 11 – Разрез тела дамбы	30
Рисунок 12 – Схема работы экскаватора при отработке гребня дамбы	32
Рисунок 13 – Схема работы БРА при планировке скального грунта	36

1. ОБЩАЯ ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

1.1. Общая информация

Наименование объекта: Хвостохранилище рудника «Ветренский».

Местоположение объекта: РФ, Магаданская область, Тенькинский городской округ, в 130 км к северо-востоку от пос. Усть-Омчуг и в 366 км от областного центра – г. Магадана

Идентификационные сведения об объекте: Хвостохранилище относится ко II классу гидротехнических сооружений (высокой опасности) в соответствии с постановлением Правительства РФ от 02.11.2013 г. № 986. Уровень ответственности – повышенный (в соответствии с п. 7 ст. 4 Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» № 384-ФЗ от 30.12.2009 г.). Сооружение относится к особо опасным и технически сложным объектам (в соответствии с п. 1 ст. 48.1 Градостроительного кодекса РФ № 190-ФЗ от 29.12.2004 г.).

Краткая техническая характеристика объекта: Емкость, образованная с ЮЗ стороны ограждающей дамбой и склонами долины ручья Цветочный, представляет из себя наливное хвостохранилище овражного типа. Эксплуатация остановлена. Максимальная высота ограждающей дамбы (плотины) – 40,75м. Количество дамб (плотин) – 1, количество отсеков – 1, количество прудков-отстойников – 1

1.2. Исходные данные

Проектная документация разработана на основании следующих исходных данных:

1. Техническое задание на проектирование (Приложение №1 к Договору № 05/20 от 25.03.2020г.)
2. Декларация безопасности гидротехнических сооружений хвостохранилища рудника «Ветренский» ООО «Электрум Плюс». Регистрационный номер: 19-20(01)0097-00-ГОР.
3. Заключение экспертной комиссии от 02.12.2019г №54 по декларации безопасности ГТС хвостохранилища рудника «Ветренский» ООО «Электрум Плюс». Регистрационный номер: 00-ДБ-0097-2019.
4. Хвостохранилище рудника «Ветренский». Технический отчет по инженерно-геологическим изысканиям 10/19-19-ИГИ (ООО «НПО Гидрогеолог», 2019г.).
5. Технический отчет по инженерно-геодезическим изысканиям для проектной документации «Ликвидация выведенного из эксплуатации хвостохранилища рудника «Ветренский» и рекультивация нарушенных земель». Шифр 5/20.1-20-ИИ.1-ИГДИ. (ООО «НПО Гидрогеолог», 2020г.).
6. Технический отчет по инженерно-гидрометеорологическим изысканиям для проектной документации «Ликвидация выведенного из эксплуатации хвостохранилища рудника «Ветренский» и рекультивация нарушенных земель». Шифр 5/20.1-20-ИИ.2-ИГМИ. (ООО «НПО Гидрогеолог», 2020г.).

7. Технический отчет по инженерно-экологическим изысканиям для проектной документации «Ликвидация выведенного из эксплуатации хвостохранилища рудника "Ветренский" и рекультивация нарушенных земель». Шифр 5/20.1-20-ИИ.3-ИЭИ. (ООО «НПО Гидрогеолог», 2020г.).
8. Годовой отчет о состоянии ГТС в 2019 году



2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

2.1. Природно-климатическая характеристика и инженерно-геологические условия площадки

Климат района размещения ГТС хвостохранилища рудника «Ветренский» ООО «Электрум Плюс» резко-континентальный. Характеризуется продолжительной (7 месяцев) суровой зимой и коротким сравнительно теплым летом. Среднемесячная температура января -35°C , с максимальным понижением до -58°C – -63°C . Средняя температура июля $+12^{\circ}\text{C}$ – $+14^{\circ}\text{C}$, с максимальным повышением до $+38^{\circ}\text{C}$.

Продолжительность теплого периода на территории размещения ГТС хвостохранилища рудника «Ветренский» ООО «Электрум Плюс» составляет в среднем 142°C – 143°C дня, наибольшая продолжительность достигает 164 дней, а наименьшая не превышает 123°C – 128°C дня. В конце сентября начинается значительное понижение температуры. Продолжительность холодного периода составляет в среднем 222°C – 223°C дня, наибольшая продолжительность достигает 242 дней, а наименьшая не превышает 164 дня.

Глубина оттаивания в пределах деятельного слоя не превышают 1,5 м, а, в местах эрозийной активности и открытых склонах гор южной экспозиции до 3 м и более. Наименьшая глубина оттаивания грунтов ($0,3^{\circ}\text{C}$ – $0,5^{\circ}\text{C}$ м) характерна для заболоченных и лесотундровых участков местности.

Среднее годовое количество осадков составляет 331°C – 451°C мм. В течение года осадки распределяются неравномерно. Период с жидкими осадками в среднем приходится на май–сентябрь, с твердыми осадками – на октябрь–апрель. В годовом ходе минимальное количество осадков наблюдается в феврале–марте, наибольшее количество осадков – в июне–августе. Суточный максимум осадков обеспеченностью $P=1\%$ составляет на метеостанции Бохапча – 57 мм, на метеостанции Усть-Омчуг – 51 мм.

Наибольшая за зиму высота снежного покрова составляет 83°C – 120°C см. Расчетная высота снежного покрова обеспеченностью $P=5\%$ составляет 78°C – 109°C см. Процесс снеготаяния весной проходит довольно быстро, длительность интенсивного снеготаяния составляет 3–5 дней. Средняя дата схода устойчивого снежного покрова приходится на 7–15 мая. Среднее многолетнее число дней со снежным покровом составляет 220°C – 221°C день. По весу снегового покрова район размещения хвостохранилища рудника «Ветренский» ООО «Электрум Плюс» принадлежит к IV району. Расчетная снеговая нагрузка, возможная на территории размещения хвостохранилища рудника «Ветренский» ООО «Электрум Плюс» на 1 м^2 горизонтальной поверхности, составляет 2,4 кПа или 240 кгс/м^2 .

Ветровая нагрузка принята, как для горных и малоизученных районов с учетом данных справочника для района с наиболее близкими условиями (Сусуман), где максимальная скорость ветра в 5% случаев по румбам за май месяц, составляет – 25,2 м/с.

Ветренское золоторудное месторождение находится на правом берегу реки Колымы, в верхнем ее течении, занимая водораздельное пространство между ручьями Кварцевый правый приток р. Колымы.

Рельеф района месторождения сильно расчленен и характеризуется узкими водоразделами с крутыми склонами и врезанными долинами ручьев и распадков. Относительное превышение сопок над днищами долин составляет 300–500м. Абсолютные отметки в пределах 900 – 1050м.

В связи с продолжительной геолого-разведочной, горно-технической, включая ранее, разработку россыпей, а затем золоторудных месторождений, сопровождающейся строительно-хозяйственной деятельностью, подвернула большую часть участков изысканий техногенному воздействию. В результате чего произошло изменение геологической среды, рельефа, долин и режима водотоков.

Объект проектирования расположен в долине ручья Цветочный в 1,6 км от его истока (0,5 км от устья). Представляет собой хвостохранилище наливного типа. Склоны прилегающих сопок довольно крутые (30-35°) выполаживаясь к долине до 5-15°. Растительность представлена лиственницей и кедровым стлаником. На вершинах сопок растительность отсутствует. Абсолютные отметки изменяются от 585 до 645м.

Расчетный максимальный расход воды ручья Цветочный в створе ГТС хвостохранилища: 4,67 м³/с для основного расчетного случая 1% обеспеченности и 6,77 м³/с для поверочного случая 0,1% обеспеченности. За все время эксплуатации хвостохранилища рудника «Ветренский» ООО «Электрум Плюс» паводков, превышающих установленную проектом 1% обеспеченность, не наблюдалось.

Долина ручья Цветочный подверглась масштабному техногенному воздействию, результатом которого, явилось обнажение коренных пород, образование отвалов, дорог и строительных площадок. Долины правобережных притоков ручья Цветочный перекрыты серпантинной насыпной автодороги, проложенной к руднику «Ветренскому». В верховье долины ручья Цветочный, заложены отвалы «пустых» пород штолен из грубообломочного материала, размещенные каскадом. В центральной части, естественное днище долины русла ручья Цветочный погребено отходами обогащения емкости хвостохранилища рудника «Ветренский» ООО «Электрум Плюс» с ограждающей дамбой. Ниже ограждающей дамбы рудника «Ветренский» ООО «Электрум Плюс» на ручье Цветочный проводилась разработка месторождения россыпного золота. На этом участке рыхлые отложения и верхняя часть выветрелых трещиноватых коренных пород (плотик), переработаны горными работами. В настоящее время в нижнем бьефе ограждающей дамбы хвостохранилища рудника «Ветренский» ООО «Электрум Плюс» расположены две выведенные из эксплуатации площадки временного складирования хвостов и чаша нового хвостохранилища на руднике «Ветренский» площадью 5,28 га и объемом 525,3 тыс. м³.

Согласно данным представленным в техническом отчете по инженерно-геологическим изысканиям проведенных в 2019 году в рамках декларирования ГТС, основу геологического разреза участка размещения гидротехнических сооружений хвостохранилища рудника «Ветренский» ООО «Электрум Плюс» составляют нижнеюрские терригенно-осадочные породы.

Скальные грунты на площадке вскрыты всеми скважинами с глубины 1,5 м до глубины 45,0 м на абсолютных отметках 581,00-608,68 м и представлены алевролитоглинистыми сланцами. Структура ложнослоистая, текстура массивная; цвет темно-серый. Алевролитоглинистые сланцы окварцованные, ожелезненные. Залегание осадочных пород в скальном массиве преимущественно горизонтальное, реже слабонаклонное 5-15°.

Толща скальных грунтов ослаблена тектоническими процессами и выветриванием, раздроблена до скальных грунтов малопрочных, разбита разнонаправленными микротрещинами и открытыми, в основном, вертикальными трещинами на отдельности различной формы. Ширина раскрытия трещин колеблется от долей мм до 1-3 мм, а местами и более. Трещины заполнены глинистым материалом, микротрещины залечены кварцем. Часто на стенках трещин наблюдаются налеты гидроокислов железа, зеркала скольжения.

Скальные грунты перекрыты рыхлыми отложениями различного генезиса верхнечетвертично-современного возраста.

Техногенные намывные грунты распространены в чаше хвостохранилища рудника «Ветренский» ООО «Электрум Плюс». По составу представлены песками пылеватыми сезонноталыми и твердомерзлыми. Твердомерзлые грунты льдистые с прослоями льда до 2 см.

Техногенные (насыпные) грунты на участке размещения гидротехнических сооружений хвостохранилища рудника «Ветренский» ООО «Электрум Плюс» распространены повсеместно они слагают всевозможные отсыпки, планировки и ограждающую дамбу хвостохранилища рудника «Ветренский». По составу представлены щебенистыми грунтами с песчаным заполнителем. Биогенные грунты верхнечетвертично-современного возраста представлены торфом среднеразложившимся. Грунты находятся в погребенном состоянии. Залегают в виде линз и прослоев под толщей техногенных грунтов.

ИГЭ-1 – Намывной грунт (песок пылеватый), сезонноталый, рыхлый, средней степени водонасыщения (рис. 2). Представлены песком пылеватым, средней плотности, однородным, талым. Грунты при промерзании пучинистые. Цвет серовато-черный. Мощность их по данным бурения составляет 0,7 – 0,75 м. Глубина залегания кровли 640,11-640,18 м, подошвы 639,41-639,43 м.



Рисунок 2 – Песок пылеватый, сезонноталый

ИГЭ-2 – Намывной грунт (песок пылеватый), твердомерзлый, льдистый, с прослоями льда до 2 см, в талом состоянии средней плотности (рис. 3). Представлены песком пылеватым, средней плотности, однородным, мерзлым, криотекстура массивная. Льдистый, слабопучинистый, в талом состоянии рыхлый, средней степени

водонасыщения. Цвет серовато-черный. Мощность их по данным бурения составляет 29,25-31,3 м. Глубина залегания кровли 639,41-639,43 м, подошвы 608,11-610,18 м.



Рисунок 3 – Песок пылеватый, твердомерзлый, льдистый

Таблица 1 - Нормативные и расчетные значения показателей физико-механических свойств техногенных (намывных) грунтов

№ п/п	Наименование характеристики	Единица измерения	ИГЭ1	ИГЭ2
			Песок пылеватый, сезонноталый, средней степени водонасыщения	Песок пылеватый, тврдомерзлый, криотекстура массивная, льдистый
	Влажность	дол.ед.	0,25	0,31
	Влажность водонасыщенного грунта	дол.ед.	0,32	0,39
	Плотность грунта	г/см ³	1,79	1,70
	Плотность сухого грунта	г/см ³	1,43	1,30
	Плотность частиц грунта	г/см ³	2,64	2,64
	Пористость	дол.ед.	0,45	0,52
	Содержание щебня, дресвы (фр. ≥2 мм)	%	0,5	0,6
	Содержание песок (фр. от 2-х до 0,1 мм)	%	39,6	45,5
	Содержание пыли, глины (фр. ≤ 0,1 мм)	%	62,6	53,9
	Суммарная льдистость мерзлого грунта	дол.ед.	-	0,438

Элювиально-делювиальные (нерасчлененные) грунты верхнечетвертично - современного возраста имеют повсеместное распространение. Залегают под техногенными и биогенными грунтами. По составу представлены щебенистыми грунтами с песчаным заполнителем мощностью 0,20-7,00 м.

Грунты участка размещения гидротехнических сооружений хвостохранилища рудника «Ветренский» ООО «Электрум Плюс» находятся в многолетнемерзлом состоянии.

Криогенная текстура крупнообломочных слабодистых грунтов - корковая, торфов - массивная, льдистых песков пылеватых - массивная.

Температура грунтов, по данным термокаротажных работ, проведенных в августе 2019 года, на глубине 10 метров составляла от «минус 2,10°C», на глубине 20 метров - «минус 2,70°C» - «минус 2,90°C», на глубине 50 метров - «минус 2,80°C».

В теплый период года формируется сезонноталый слой. Его образование начинается в конце мая, наибольшей мощности достигает в конце августа. В теплый период года в грунтах сезонного оттаивания могут функционировать надмерзлотные воды типа «верховодка» с незначительным дебитом (0,1-0,3 л/с). Основной источник питания - атмосферные осадки. В период дождей деятельный слой обводняется на всю мощность, в засушливый период - обычно сдренирован.

Литологический состав сезонноталого слоя довольно разнообразный: насыпные крупнообломочные грунты, намывные грунты хвостохранилища рудника «Ветренский» ООО «Электрум Плюс».

Нормативная глубина сезонного оттаивания, выполненная теплофизическими расчетами, составляет 2,61 м, промерзания 4,00 м.

В период проведения изысканий в августе 2019 года подземные воды не вскрыты.

2.2 Сведения о производственной программе объекта и технологии ведения работ

Золотоизвлекательная фабрика (ЗИФ) на месторождении Ветренское предназначена для переработки золотосодержащей руды гравитационными методами обогащения. Технологическая схема предусматривает транспортировку гидротранспортом и складирование хвостов ЗИФ в поверхностное хвостохранилище.

Режим работы фабрики – 24 ч/сутки, 345 дней/год, - объем транспортируемой пульпы – 114,34 м³/ч (946748,06 м³/год) с весовым процентом содержания твердого 17%. После осветления воды она забирается системой оборотного водоснабжения и подается обратно на ЗИФ.

Годовой выход твердых хвостов – 180 тыс. т/год при плотности твердых частиц ρ_s , – 2,65 т/м³. Плотность укладки хвостов в хвостохранилище ρ_d – 1,3 т/м³. Гранулометрический состав хвостов приведен в табл. 1. Класс опасности хвостов по классификации МПР: – 5 класс.

Таблица 2 – Гранулометрический состав хвостов ЗИФ

+0,1мм – 7,6%,	-1,00мм +0,40мм – 0,04%
-0,1мм +0,07мм – 5,1%,	-0,40мм +0,20мм – 0,17%
-0,07мм +0,04мм – 9,9%	-0,20мм +0,10мм – 34,62%
-0,04мм +0,025мм – 22,7%	-0,10мм +0,05мм – 54,49%
-0,025мм +0,00мм – 54,7%	-0,05мм +0,00мм – 10,68%

2.3 Наличие и общая характеристика существующих ГТС и/или прочих сооружений каскада водохранилищ на водном объекте

Выше створа ГТС хвостохранилища рудника «Ветренский» ООО «Электрум Плюс» на ручье Цветочном ГТС отсутствуют.

Ниже створа ГТС хвостохранилища рудника «Ветренский» ООО «Электрум Плюс» на ручье Кварцевом расположены ГТС нового хвостохранилища на руднике «Ветренский» II класса. Новое хвостохранилище образовано возведением на ручье Кварцевый выше впадения ручья Цветочный подпорной дамбы № 1 (отметка гребня 592,0 м) и ниже впадения ручья Цветочный в ручей Кварцевый ограждающей дамбы № 2 (отметка гребня 575,0 м). Кроме дамб в комплекс ГТС нового хвостохранилища входят пульповоды, водоводы, руслоотводной канал ручья Кварцевый, насосная станция оборотного водоснабжения, дренажные сооружения (емкость и насосная установка с пожарным рукавом) за ограждающей дамбой № 2.

2.4 Информация о ГТС, входящих в комплекс объекта проектирования

В состав гидротехнических сооружений хвостохранилища рудника «Ветренский» входят:

- ограждающая дамба;
- трубчатый водосброс (две переливные трубы).

Ограждающая дамба. Перекрывает долину ручья Цветочный в месте его слияния с безымянным ручьем, образуя емкость хвостохранилища. Дамба отсыпана из элювиальных и делювиальных крупнообломочных грунтов с песчаным заполнителем в три очереди: I очередь - до отметки гребня 624,00 м, II очередь - до отметки гребня 633,50 м, III очередь - до отметки гребня 642,00 м.

По данным выполненных в августе 2019 года термокаротажных работ [4] грунты тела дамбы и накопленные отходы (хвосты) в хвостохранилище рудника «Ветренский» ООО «Электрум Плюс» находятся преимущественно в мерзлом состоянии, исключение составляет верхняя часть (на глубину до 2,0 м), находящаяся в талом состоянии в теплый период года.

Гребень дамбы имеет отметки 642,0÷643,0 м, длина по гребню дамбы составляет 260,35 м, максимальная высота дамбы – 40,75 м, заложение верхового откоса 1:1,66, низового откоса – 1:1,78.

На низовом откосе дамбы имеется три бермы: на отметках 604,0÷610,0 м, 619,05÷624,65 м и 632,0÷638,0 м бермы шириной соответственно 8,0÷25,0 м, 0,0÷12,0 м и 6,0÷20,0 м. На верховом откосе устроен противофильтрационный экран из местного суглинистого грунта. Сопряжение экрана с основанием выполнено посредством зуба, который заглублен в породы основания до 3,5 м. Верх противофильтрационного экрана находится на отметке 641,50 м.

Переливные трубы расположены в левобережном примыкании ограждающей дамбы к коренному склону и предназначены для отвода поступающих с водосборной территории хвостохранилища рудника «Ветренский» ООО «Электрум Плюс» во время выпадения осадков или снеготаяния паводковых вод. Две переливные трубы диаметром 219мм проложены через тело ограждающей дамбы с диафрагмой из суглинистого грунта на глубину до 4,5м. Отметки входного порога труб - 639,75м и 638,18м, отметка выходного порога труб – 635,42 м. Суммарная максимальная пропускная способность переливных труб составляет 0,297 м³/с (25664 м³/сут).

3. ЛИКВИДАЦИЯ ХВОСТОХРАНИЛИЩА

3.1. Задачи при ликвидации хвостохранилища

Общими задачами при ликвидации гидротехнического сооружения являются:

- Понижение уровня воды в подпорном ГТС до безопасных отметок
- Обоснование необходимости поддержания водосбросных, дренажных и водоотводящих сооружений в работоспособном состоянии или порядок вывода их из эксплуатации
- Мероприятия по организации перехвата (пропуска) поверхностного стока с вышерасположенной площади водосбора и отводу атмосферных осадков, выпадающих на площадь накопителя
- Мероприятия по защите сооружений от водной и ветровой эрозии
- Обеспечить долговременную устойчивость ограждающих дамб
- Демонтаж транспортных коммуникаций и оборудования (пульповоды, автодороги, съезды и пр.)
- Строительство канала для пропуска естественного водотока, в долине которого расположено ГТС
- Технические решения по рекультивации нарушенных земель.

В связи с выводом из эксплуатации хвостохранилища на руднике «Ветренский» в 2016г. упрощающими факторами при решении задач ликвидации ГТС являются:

- Отсутствие воды в хвостохранилище и соответственно – подпорных ГТС
- Транспортные коммуникации (пульповоды) – ликвидированы

Усложняющим фактором является:

- необходимость поддержания грунтов тела и основания дамбы в мерзлом состоянии (Условие, обозначенное Декларацией безопасности ГТС).

Для ликвидации хвостохранилища на руднике «Ветренский» и рекультивации нарушенных земель необходимо решить следующие основные задачи:

- Спланировать территорию хвостохранилища для исключения возможности накопления жидких осадков с сохранением мерзлого режима основания дамбы и хвостов в ложе хвостохранилища
- Организовать складирование удаляемых хвостов
- Организовать транспортировку хвостов до места складирования
- Построить канал для пропуска ручья Цветочный

3.2. Способ ликвидации хвостохранилища

Для ликвидации выведенного из эксплуатации хвостохранилища на руднике «Ветренский» с рекультивацией нарушенных земель применяется способ с сохранением мерзлого режима основания дамбы и хвостов в ложе хвостохранилища.

Максимальное сохранение существующего состояния дамбы, зафиксированного ДБГТС, Заключением экспертной комиссии по ДБГТС обеспечивается свободным стоком с территории хвостохранилища.

Проектной документацией предусматривается выполаживание поверхности хвостов с уклоном 3‰ к телу дамбы. Срезать выступающий над хвостами гребень дамбы с дальнейшим использованием «лишнего» материала дамбы в качестве поверхностного защитного слоя при рекультивации. Это позволит обеспечить свободный сток поверхностных вод. При реализации данных решений перемещаемый при выполаживании объем хвостов составит 60,15 тыс.м³, объем перемещаемых пород из гребня дамбы составит 11,22 тыс.м³.

Складирование хвостов производится в чашу нового хвостохранилища, разгрузка производится на сухом спланированном участке. Данный вариант позволяет максимально увеличить эффективность работы БРА и не усложняет рекультивируемую площадь.

Перевозка лежалых хвостов из старого хвостохранилища в действующее производится автотранспортом.

В соответствии с техническими решениями по отводу ручья Цветочный по проектной документации «Хвостохранилище на руднике «Ветренский» выполненной Акционерным обществом «Группа Компаний ШАНЭКО» в 2017 году – перепуск воды ручья Цветочный каналом в ручей Кварцевый выше действующего хвостохранилища минуя ликвидируемое хвостохранилище.

Переливные трубы тампонируются бетоном. Длина трубы с входным отверстием отм. 639,75 составляет 26м, с входным отверстием отм. 638,18 составляет 28,5м. Диаметр труб 219мм. Объем бетона на тампонаж переливных труб составит 2,07м³.

На выходе переливных труб устанавливаются пробки. Через входные отверстия трубы заполняются бетоном.

4. ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО ЛИКВИДАЦИИ ХВОСТОХРАНИЛИЩА И РЕКУЛЬТИВАЦИИ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

4.1. Планировка поверхности хвостохранилища

Для ликвидации хвостохранилища необходимо произвести планировку поверхности намытых хвостов. Планировка хвостов должна обеспечить свободный сток поверхностных осадков с площади хвостохранилища. Для свободного стока необходимо придать равномерный постоянный уклон 3‰ в сторону ограждающей дамбы. Величина уклона обеспечивает сток жидких осадков без вымывания пород из тела хвостохранилища и дамбы, также минимизирует риск оврагообразования при стекании. Величина уклона принята минимальной, для снижения объема планировочных работ.

Для предотвращения заболачивания и удаления осадков, до начала основной планировки, вдоль южной границы проходится канава до перепускных труб с постоянным уклоном 3‰ в сторону ограждающей дамбы. По мере основной планировки канава срабатывается. На рисунке 4 показан поперечный разрез канавы в месте водосборника. Объем канавы составляет 952 м³.

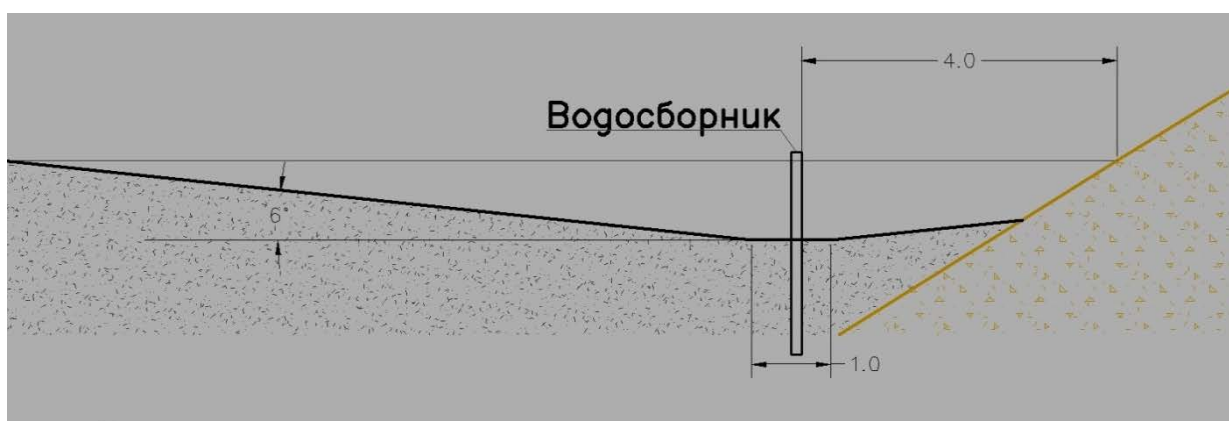


Рисунок 4. Поперечный разрез канавы в месте водосборника

Планировку предлагается начать с северо-восточной части хвостохранилища с продвижением фронта в юго-западном направлении. Для производства работ необходимо задействовать: бульдозерно-рыхлительный агрегат (БРА), экскаватор, автосамосвал.

БРА производит рыхление верхнего слоя и формирование буртов. Для повышения эффективности работы БРА длина рыхления и набора породы принята 50 м.

Для удобства планирования работ поверхность хвостохранилища разделяется на 8 рабочих зон шириной по 50м. Зоны отрабатываются последовательно по направлению с северо-востока на юго-запад (рис. 5).

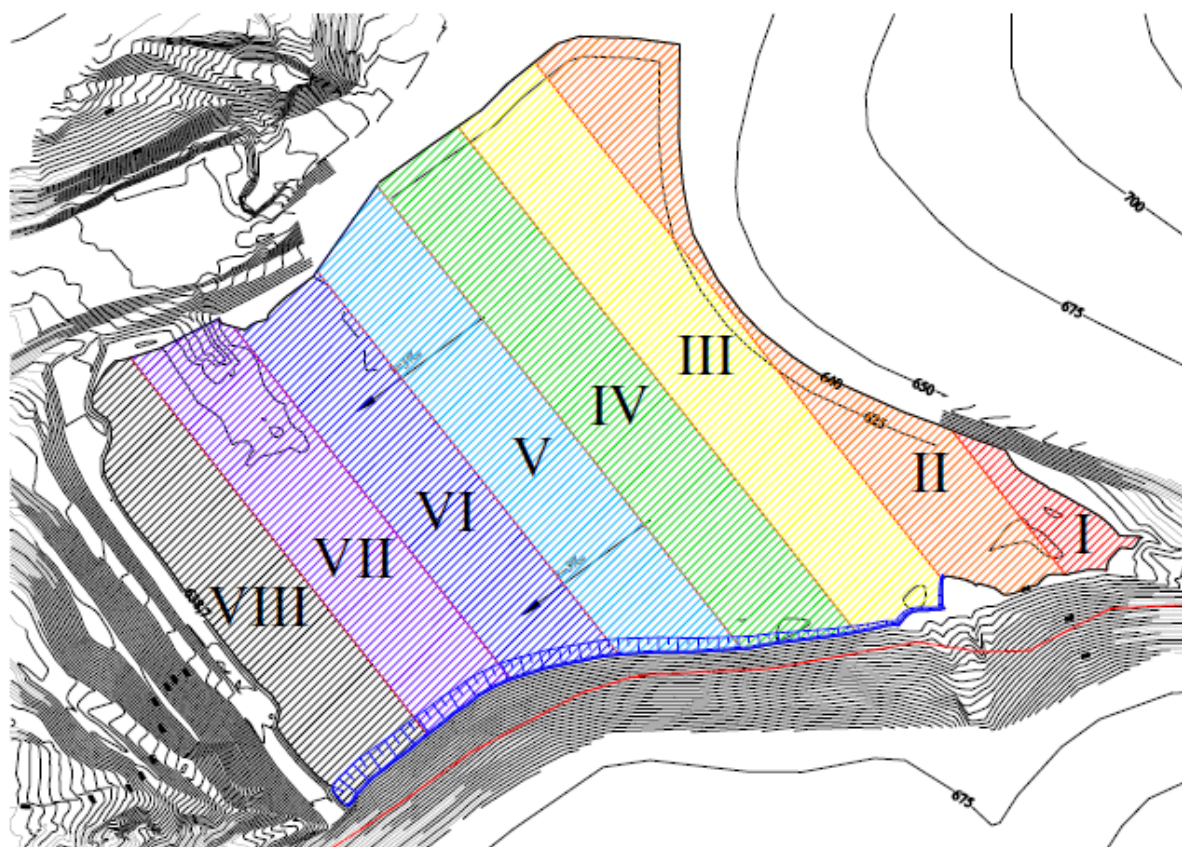


Рисунок 5 – Распределение участка на рабочие зоны

Распределение объёмов выемки по рабочим зонам представлено в таблице 2

Таблица 3 - Распределение объёмов выемки по рабочим зонам

№ п/п	Рабочая зона	Площадь в плане, м ²	Объем выемки, м ³	В том числе объем канавы, м ³
1	I	1977	148	-
2	II	10794	2429	-
3	III	16577	6216	19
4	IV	15448	8110	46
5	V	13506	9117	98
6	VI	11520	9504	146
7	VII	11670	11378	195
8	VIII	11773	13245	448
9	ИТОГО	93235	60147	952

Схема работы БРА с набором породы представлена на рисунке 6.

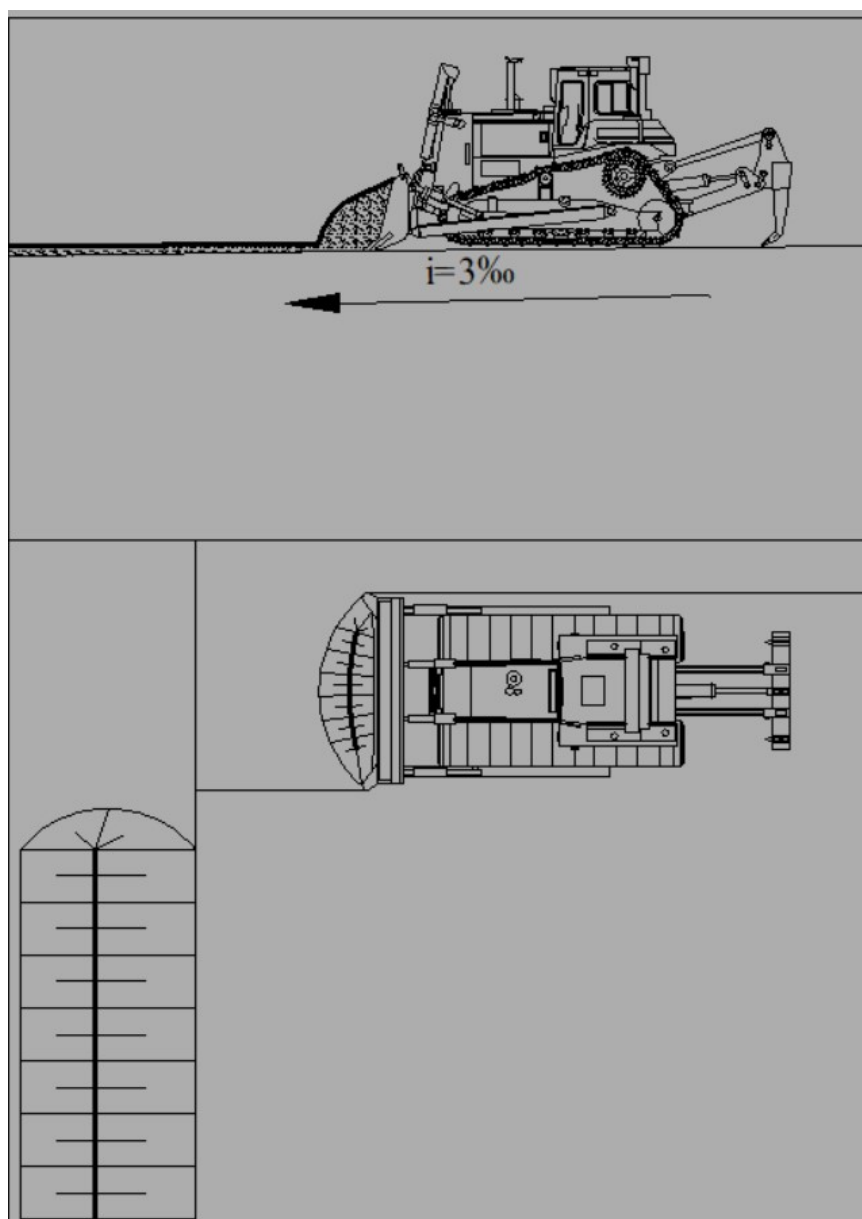


Рисунок 6 - Схема работы БРА с набором породы

Технические характеристики бульдозера Komatsu D375A-5 представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Технические характеристики бульдозера Komatsu D375A-5

Параметры	Усл. об.	Значение
Мощность двигателя, кВт	P	391
Длина отвала, мм	lo	4695
Высота отвала, мм	hp	2265
Объем призмы волочения, м³	Vп.в.	18,5
Скорость передвижения, км/ч		Вперед/назад
1-я передача	V1	3,8/5,1
2-я передача	V2	6,9/9,2
3-я передача	V3	11,8/15,8
Габариты, мм	L×B×H	10330×4695×4230
Масса, т	M	66,985

Расчет производительности БРА при формировании буртов представлен в таблице 5.

Таблица 5 – Расчет производительности бульдозера Komatsu D375A-5

Параметр	Формула	Ед. изм	Значение
Продолжительность смены	Tсм	ч	11
Объем призмы волочения	Vпв	м³	18,5
Коэффициент использования машины во времени в смену	Kв		0,8
Коэффициент разрыхления породы	Kр		1,2
Расстояние набора породы	Lн	м	0
Расстояние перемещения породы;	Lг	м	50
Скорость движения бульдозера при наборе породы;	Vн	м/сек	1
Скорость передвижения бульдозера при перемещении грунта	Vг	м/сек	2,24
Скорость движения порожнего бульдозера	Vп	м/сек	3,8
Время на переключение скорости	tp	с	10
Время цикла работы бульдозера	$T_{цб} = L_n/V_n + L_g/V_g + (L_n + L_g)/V_p + t_p$	с	45,5
Сменная производительность БРА	$\Pi = (3600 \times T_{см} \times V_{пв} \times K_v) / (T_{цб} \times K_p)$	м³/см	10739

Исходя из выше приведенного, можно сделать вывод, что для перемещения снимаемого грунта в бурты требуется 6 смен работы БРА. С учетом необходимости предварительного рыхления расчетные сроки выполнения работ увеличиваются в 2 раза.

Сформированные бурты экскаватором Komatsu PC300-8 с оборудованием обратная лопата сгружаются в автосамосвал Volvo AF-30 (рисунок 7) и перемещаются в чашу нового хвостохранилища. В чаше нового хвостохранилища организуется разгрузочная площадка. Разгрузочную площадку (место складирования) предлагается разместить на площадях временного складирования хвостов, выведенных из эксплуатации (рисунок 8). При наличии свободной подходящей площади возможна обычная разгрузочная площадка со свободной разгрузкой. При отсутствии необходимой площади, для более упорядоченного размещения хвостов предлагается планировка бульдозером (рисунок 9).

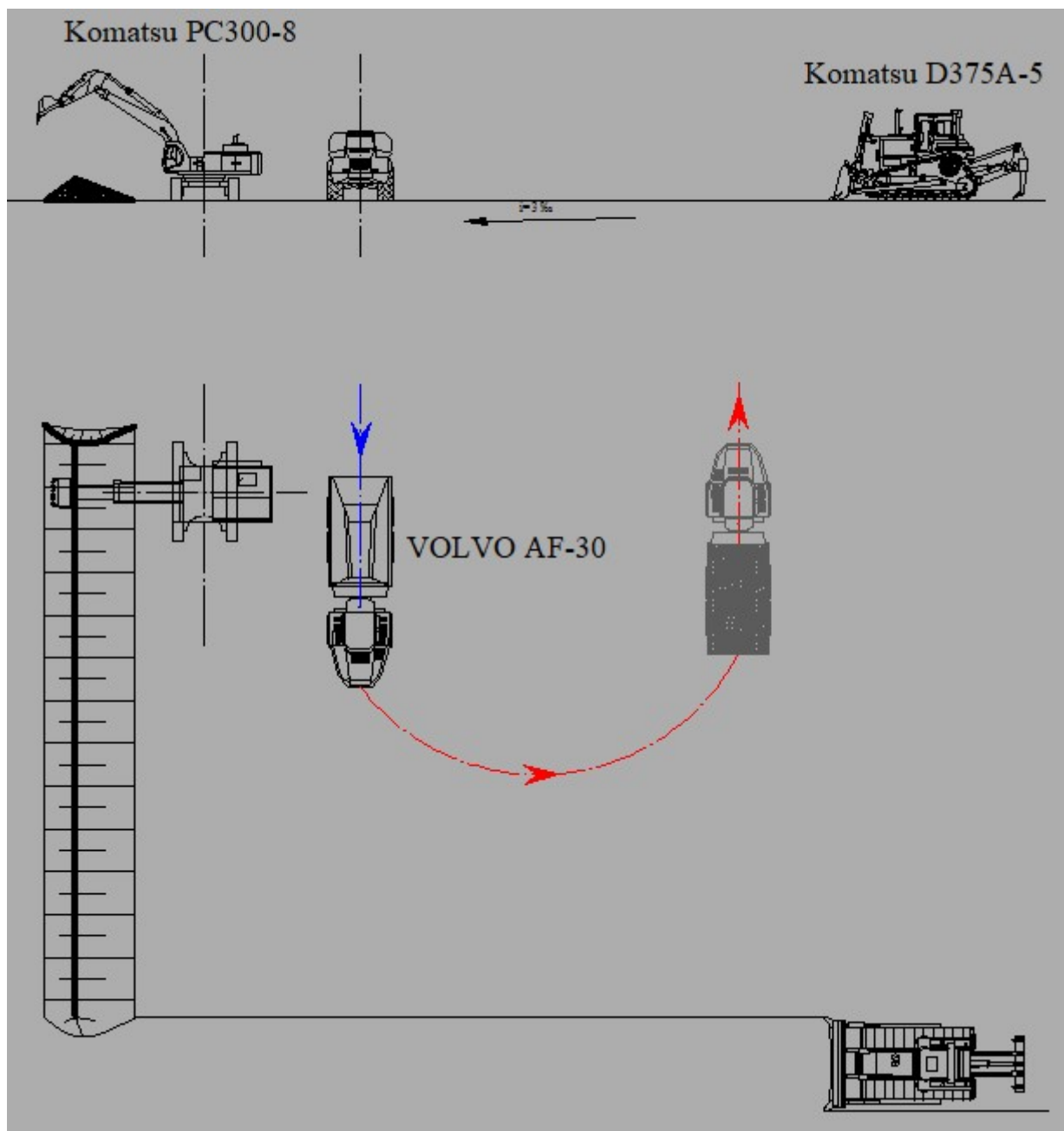


Рисунок 7 – Схема формирования и загрузки буртов снимаемого грунта



Рисунок 8 – Предполагаемая площадь для складирования хвостов

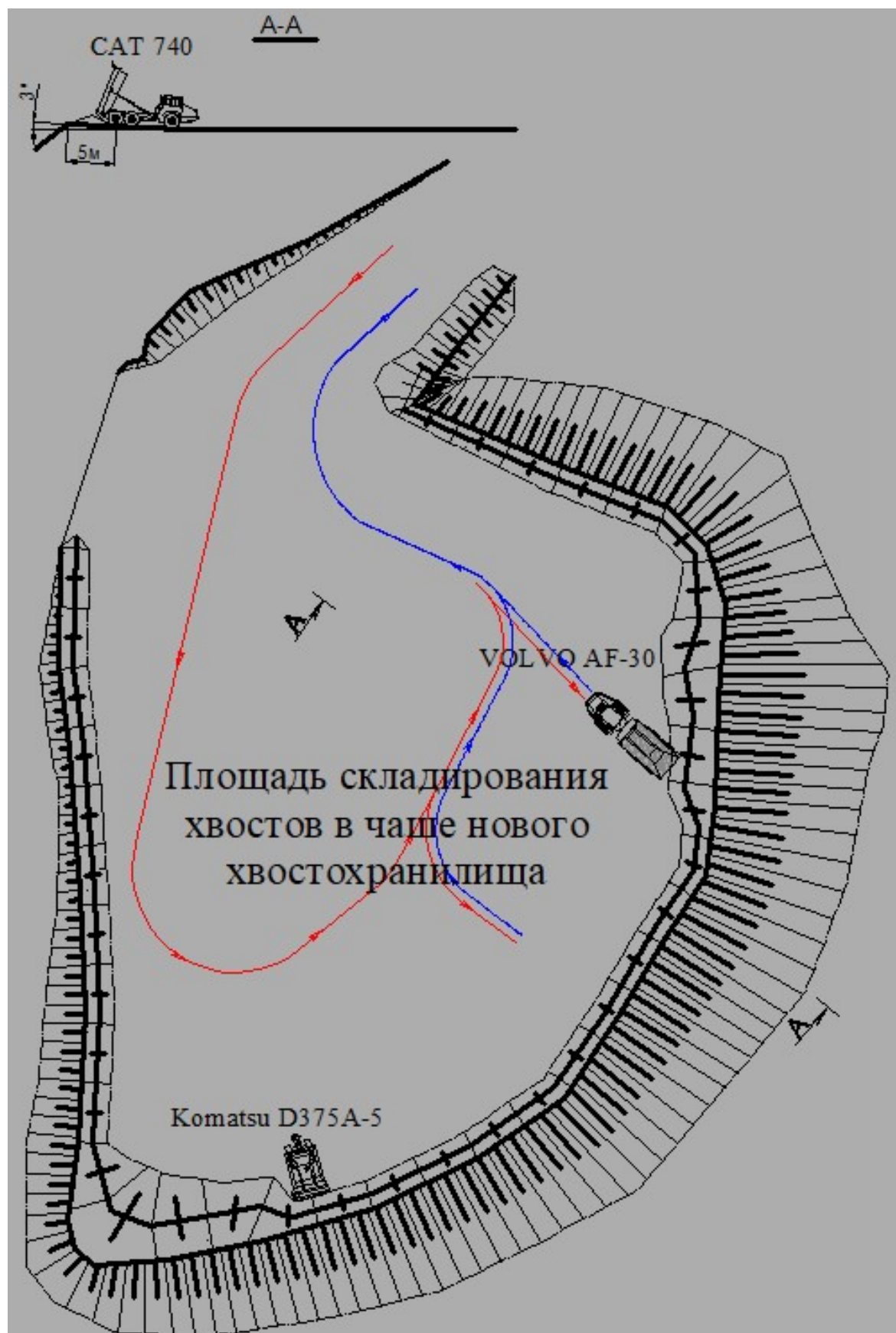


Рисунок 9 – Схема планирования при складировании

Технические характеристики экскаватора Komatsu PC300-8 и автосамосвала Volvo AF-30 представлены в таблицах 6 и 7 соответственно.

Таблица 6 – Технические характеристики экскаватора

Параметры	Komatsu PC300-8
Эксплуатационная масса	33600 - 35851 кг
Эксплуатационная мощность	184 кВт
Модель двигателя	Komatsu SAA6D114E-3
Рабочий объем двигателя	8,27 л
Емкость топливного бака	605 л
Высота	4160 мм
Длина	11145 мм
Ширина	3440 мм
Объем ковша	1,4 м³
Максимальная глубина копания	8180 мм
Максимальный радиус копания	11900 мм
Рабочая скорость	5,5 км/ч

Таблица 7 – Технические характеристики автосамосвалов Volvo AF-30

Параметры	Усл. об.	Volvo AF-30
Мощность двигателя, кВт/л.с.	P	265/360
Грузоподъемность, т	g	29
Геометрическая вместимость кузова, м³	V _к	13,9 (17,8 с горкой)
Колесная формула	-	6×6
Радиус поворота внешний, м	R	8,109
Габариты, мм	L×B×H	10296×2954×3366
Масса полная, т	M	33,1

Расчет производительности экскаватора Komatsu PC300-8 при погрузке буртов в автосамосвал Volvo AF-30 представлен в таблице 8.

Таблица 8 – Расчет производительности экскаватора Komatsu PC300-8 при погрузке буртов хвостов.

Параметры	Формула	Ед.изм.	Komatsu PC300-8
Объемный вес в целике	λ	т/м³	1,85
Коэффициент разрыхления	K_p		1,15
Коэф. наполнения ковша экскаватора	K_n		0,95
Коэффициент экскавации	$K_3 = K_n / K_p$		0,83
Емкость ковша экскаватора (геом)	$V_{кг}$	м³	1,40
Объем г.м. (в целике) в ковше экскаватора	$V_{к3} = V_{кг} \times K_3$	м³	1,16

Параметры	Формула	Ед.изм.	Komatsu PC300-8
Грузоподъемность автосамосвала	Q	т	29
Емкость кузова автосамосвала (геометр.)	$V_{ар}$	$м^3$	13,9
Коэф. наполнения кузова а/с с "шапкой"	$K_{ш}$		1,28
Емкость кузова с "шапкой"	$V_{аш}=V_{ар} \times K_{ш}$	$м^3$	17,8
Объем г.м. разрых. в кузове автосамосвала	$V_{ар}=Q \times K_p / \lambda$	$м^3$	18,0
Объем г.м. в целике. в кузове автосамосвала	$V_a = V_{ар} / K_p$	$м^3$	15,7
Количество ковшей экскаватора в кузове а/с	$N_k = V_a / V_{кп}$	шт	13,5
Продолжительность смены	$T_{см}$	мин	720
Время поездки (пересменка)	$T_{пер}$	мин	30
Регламентированные перерывы	$T_{рег}$	мин	20
Обед (перерыв)	$T_{об}$	мин	60
Заправка топливом и обслужив. раб. места	$T_{зап}$	мин	20
Чистое учетное продуктивное время	$T_{пр} = T_{см} - T_{пер} - T_{рег} - T_{об} - T_{зап}$	мин	590
КПД (55мин. продуктивного времени в час работы)	$K_{пр}$	%	91,7
Чистое продуктивное эксплуатационное время	$T_{э} = T_{пр} \times K_{пр}$	мин	541
Оперативное время цикла экскаватора	$t_{ц.оп}$	мин	0,6
Время погрузки одного автосамосвала	$t_n = t_{ц.оп} \times (N_k - 0,5)$	мин	7,81
Время на установку, а/с под погрузку	$t_{у.п}$	мин	0,5
Время ожидания автосамосвала	$t_{ож.а}$	мин	0,4
Нормативное число автосамосвалов, загружаемых за смену	$N_a = T_{э} / (t_n + t_{у.п} + t_{ож.а})$	шт	62
Сменная норма выработки на экскаватор	$H_b = N_a \times V_a$	$м^3$	973,9
1. Коэффициент готовности экскаватора	$K_{г}$		0,95
2. Коэффициент использования экскаватора	$K_{и}$		0,95
3. Зимние условия налипания глин	K_3 или $K_{н}$		0,95
Коэффициент максимального использования	$K_{м.и} = K_{г} \times K_{и} \times K_3$		0,86
Сменная производительность с учетом попр. коэф-та	$H_{в.см} = H_b \times K_{м.и}$	$м^3$	835
		т	1545

Параметры	Формула	Ед.изм.	Komatsu PC300-8
Нормативное количество смен в году	$N_{см.год}$	смен	630
Годовая производительность экскаватора	$H_{в.год} = H_{в.см} \times N_{см.год}$	тыс. м ³	526,1
		тыс. т	973,2
Годовой объем работ	$A_{год}$	тыс. м ³	60,15
		тыс. т	111,27
Инвентарный парк экскаваторов	$A_{год} / H_{в.год}$	шт.	0,114
Необходимое количество смен на годовой объем	$N_{см} = A_{год} / H_{в.см}$	смен	72

Среднее расстояния транспортирования при перевозке снимаемых грунтов составляет 1 км. Ширина проезжей части при двухполосном движении для автосамосвалов Volvo AF-30 составляет 14м. Поперечный профиль представлен на рисунке 10.

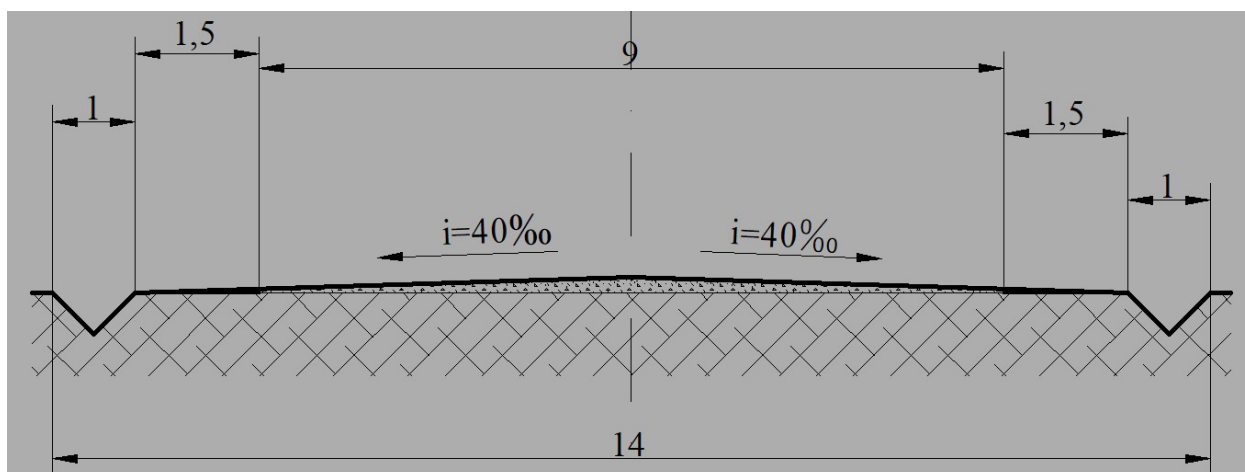


Рисунок 10 – Конструкция внутриплощадочной дороги

Расчет производительности автосамосвала Volvo AF-30 при перевозке буртов в чашу нового хвостохранилища представлен в таблице 9.

Таблица 9 - Расчет производительности и рабочего парка автосамосвалов при перевозке буртов в чашу нового хвостохранилища.

№	Параметры	Формула	Ед.изм	Volvo AF-30
1	Объем перевозок	$A_{год}$	тыс.м ³ /год	60,15
2	Средневзвешенное расстояние перевозки	$L_{ср}$	км	1
3	Среднейсовая скорость	$V_{ср}$	км/ч	28
4	Основное время одного рейса	$t_0 = 60 \times 2 \times L_{ср} / V_{ср}$	мин	4,3

№	Параметры	Формула	Ед.изм	Volvo AF-30
5	Время погрузки одного автосамосвала	$t_{\text{п}}$	мин	7,81
6	Время разгрузки автосамосвала	$t_{\text{р}}$	мин	1
7	Время ожидания погрузки	$t_{\text{ож.п}}$	мин	1
8	Время установки под погрузку	$t_{\text{у.п}}$	мин	0,7
9	Время установки под разгрузку	$t_{\text{у.р}}$	мин	0,8
10	Время задержки в пути	$t_{\text{з}}$	мин	2
11	Продолжительность смены	$T_{\text{см}}$	мин	720
12	Норматив времени на подг.-закл. операции	$T_{\text{п.з}}$	мин	15
13	Норматив времени на обслуж. раб. места	$T_{\text{обс}}$	мин	10
14	Норматив времени на личные надобности	$T_{\text{л.н.}}$	мин	10
15	Норматив времени на регламетир. перерывы	$T_{\text{р.п.}}$	мин	10
16	Норматив времени на отдых и принятие пищи (обед)	$T_{\text{отд}}$	мин	60
17	Время одного рейса (оборота) самосвала	$t_{\text{об}}=t_0+t_{\text{п}}+t_{\text{р}}+t_{\text{ож.п}}+t_{\text{у.п}}+t_{\text{у.р}}+t_{\text{з}}$	мин	17,61
18	Нормативное число рейсов в смену	$N_{\text{р}}=(T_{\text{см}}-T_{\text{п.з}}-T_{\text{обс}}-T_{\text{л.н.}}-T_{\text{р.п.}}-T_{\text{отд}})/t_{\text{об}}$	ед	34,9
19	Сменная производительность экскаватора (в целике)	$H_{\text{в.см}}$	м³/см	835
20	Объем г.м. в кузове автосамосвала (в целике)	$V_{\text{а}}$	м³	15,7
21	Сменная производительность автосамосвала (в целике)	$H_{\text{выр.а}}=V_{\text{а}} \times N_{\text{р}}$	м³/см	547,5
22	Необходимое количество смен на годовой объем	$N_{\text{см}}=A_{\text{год}}/H_{\text{выр.а}}$	смен	110
23	Число а/с, обслуживающих экскаватор	$N=H_{\text{в.год}}/H_{\text{выр.а}}$	шт.	1,5

№	Параметры	Формула	Ед.изм	Volvo AF-30
24	Число автосамосвалов на сменный объем перевозки	$n = V_{п.см} / N_{выр.а}$	шт.	0,18
25	Среднесменный объем перевозок	$V_{п.см} = A_{год} / N_{см.год}$	м³/см	96
26	Инвентарный парк автосамосвалов	$N_{и} = n / (K_{т.г.} \times 0,9)$	шт.	0,24

Исходя из выше приведенных расчетов производительности оборудования можно сделать вывод, что для выемки и перемещения хвостов из чаши старого хвостохранилища в новую потребуется: 1 – БРА, 1 – экскаватор, 1 – автосамосвал. Согласно приведенным расчетам, планировку старого хвостохранилища возможно произвести за теплый период года.

4.2. Разборка гребня дамбы

При планировке хвостохранилища с уклоном 3%, высотная отметка поверхности хвостохранилища в районе дамбы понизится с 640 м до 638,8 м. Для обеспечения свободного стока поверхностных вод в чашу нового хвостохранилища необходимо произвести понижение гребня дамбы до отметки 638,8 м. Разрез тела дамбы представлен на рисунке 11.

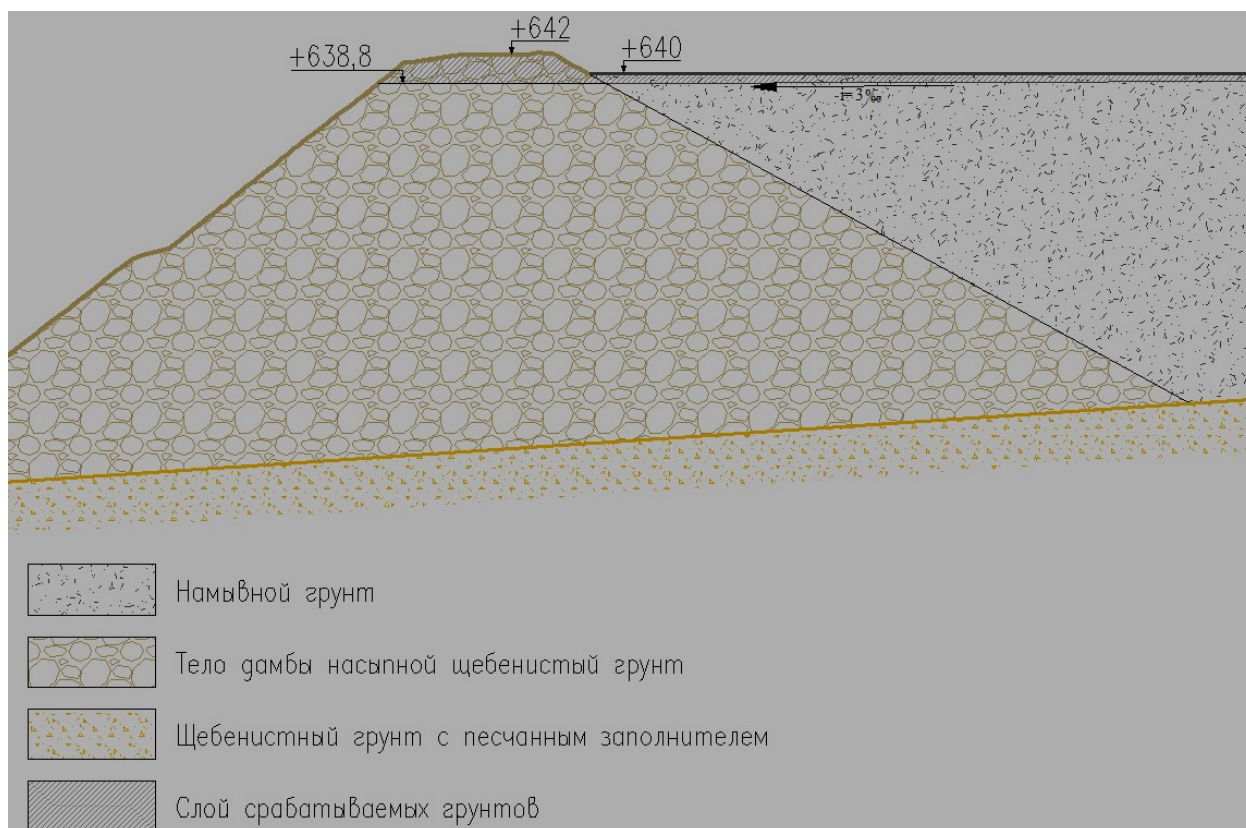


Рисунок 11 – Разрез тела дамбы

Разборка гребня дамбы производится без предварительного рыхления экскаваторным способом по направлению с юга на север. Выемка грунта производится гидравлическим экскаватором Komatsu PC300-8 с оборудованием обратная лопата нижним черпанием. Погрузка осуществляется в автосамосвалы Volvo AF-30. Скальный грунт перемещается на спланированную поверхность хвостохранилища, где производится покрытие поверхности хвостохранилища скальным грунтом для предотвращения пыления. Перевозка грунта может осуществляться как по поверхности хвостохранилища так и по дороге вдоль северо-западного края хвостохранилища в зависимости от состояния дороги и несущей способности хвостов.

При разборе гребня дамбы возможно осложнение – в теле гребня на расстоянии более 1 м от поверхности находятся смёрзшиеся грунты. В этом случае разборка производится послойно с предварительным рыхлением (клыкованием) бульдозерно-рыхлительным агрегатом смёрзшихся грунтов. При этом объем работ БРА возрастает, а производительность экскаватора падает.

Ширина гребня составляет в среднем 8 м. Схема работы экскаватора при разборе гребня дамбы без предварительного рыхления представлена на рисунке 12.

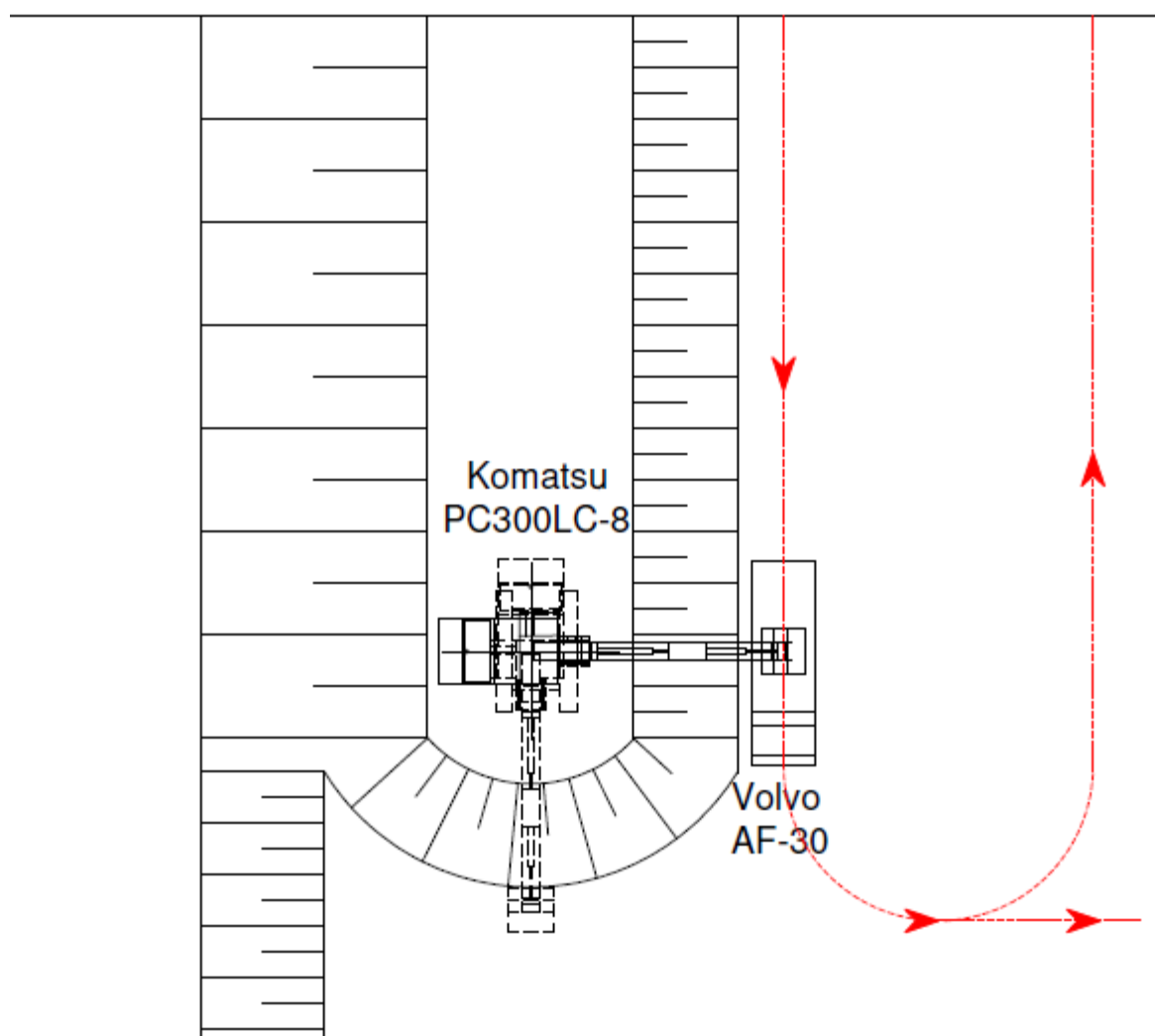
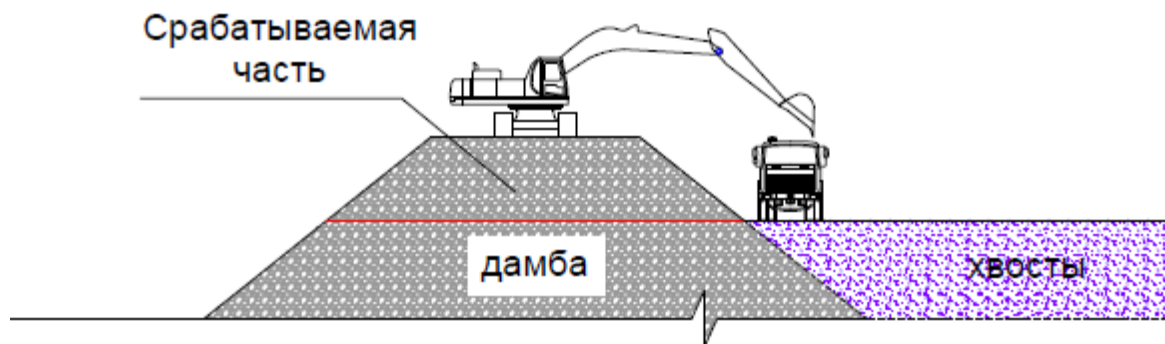


Рисунок 12 – Схема работы экскаватора при отработке гребня дамбы

Объем снимаемой части гребня дамбы рассчитан графически и составляет 11,22 тыс.м³. Производительность экскаватора и автосамосвала при отработке гребня дамбы представлен в таблицах 10 и 11 соответственно.

Таблица 10 – Расчет производительности экскаватора Komatsu PC300-8 при разборке гребня дамбы.

Параметры	Формула	Ед.изм.	Komatsu PC300-8
Объемный вес в целике	λ	т/м³	2,58
Коэффициент разрыхления	K_p		1,15
Коэф. наполнения ковша экскаватора	K_n		0,95
Коэффициент экскавации	$K_э = K_n / K_p$		0,83
Емкость ковша экскаватора (геом)	$V_{кг}$	м³	1,40
Объем г.м. (в целике) в ковше экскаватора	$V_{кэ} = V_{кг} \times K_э$	м³	1,16
Грузоподъемность автосамосвала	Q	т	29
Емкость кузова автосамосвала (геометр.)	$V_{ар}$	м³	13,9
Коэф. наполнения кузова а/с с "шапкой"	$K_{ш}$		1,28
Емкость кузова с "шапкой"	$V_{аш} = V_{ар} \times K_{ш}$	м³	17,8
Объем г.м. разрых. в кузове автосамосвала	$V_{ар} = Q \times K_p / \lambda$	м³	12,9
Объем г.м. в целике. в кузове автосамосвала	$V_a = V_{ар} / K_p$	м³	11,2
Количество ковшей экскаватора в кузове а/с	$N_k = V_a / V_{кп}$	шт	9,7
Продолжительность смены	$T_{см}$	мин	720
Время поездки (пересменка)	$T_{пер}$	мин	30
Регламентированные перерывы	$T_{рег}$	мин	20
Обед (перерыв)	$T_{об}$	мин	60
Заправка топливом и обслужив. раб. места	$T_{зап}$	мин	20
Чистое учетное продуктивное время	$T_{пр} = T_{см} - T_{пер} - T_{рег} - T_{об} - T_{зап}$	мин	590
КПД (55мин. продуктивного времени в час работы)	$K_{пр}$	%	91,7
Чистое продуктивное эксплуатационное время	$T_э = T_{пр} \times K_{пр}$	мин	541
Оперативное время цикла экскаватора	$t_{ц,оп}$	мин	0,6
Время погрузки одного автосамосвала	$t_{п} = t_{ц,оп} \times (N_k - 0,5)$	мин	5,51
Время на установку, а/с под погрузку	$t_{у.п}$	мин	0,5

Параметры	Формула	Ед.изм.	Komatsu PC300-8
Время ожидания автосамосвала	$t_{ож.а}$	мин	0,4
Нормативное число автосамосвалов, загружаемых за смену	$Na = Tэ / (t_{п.п} + t_{ож.а})$	шт	84
Сменная норма выработки на экскаватор	$Hв = Na \times Va$	м ³	948,1
1. Коэффициент готовности экскаватора	$K_{г}$		0,95
2. Коэффициент использования экскаватора	$K_{и}$		0,95
3. Зимние условия налипания глин	$K_{з}$ ИЛИ $K_{н}$		0,95
Коэффициент максимального использования	$K_{м.и} = K_{г} \times K_{и} \times K_{з}$		0,86
Сменная производительность с учетом попр. коэф-та	$Hв.см = Hв \times K_{м.и}$	м ³	813
		т	2097
Нормативное количество смен в году	$N_{см.год}$	смен	630
Годовая производительность экскаватора	$Hв.год = Hв.см \times N_{см.год}$	тыс. м ³	512,1
		тыс. т	1321,3
Годовой объем работ	$A_{год}$	тыс. м ³	11,22
		тыс. т	28,95
Инвентарный парк экскаваторов	$A_{год} / Hв.год$	шт.	0,022
Необходимое количество смен на годовой объем	$N_{см} = A_{год} / Hв.см$	смен	14

Таблица 11 - Расчет производительности и рабочего парка автосамосвалов при перевозке скальных пород их гребня дамбы

№	Параметры	Формула	Ед.изм	Volvo AF-30
1	Объем перевозок	$A_{год}$	тыс. м ³ /год	11,22
2	Средневзвешенное расстояние перевозки	$L_{ср}$	км	0,5
3	Среднерейсовая скорость	$V_{ср}$	км/ч	28
4	Основное время одного рейса	$t_0 = 60 \times 2 \times L_{ср} / V_{ср}$	мин	2,1
5	Время погрузки одного автосамосвала	$t_{п}$	мин	5,51
6	Время разгрузки автосамосвала	$t_{р}$	мин	1
7	Время ожидания погрузки	$t_{ож.п}$	мин	1
8	Время установки под погрузку	$t_{у.п}$	мин	0,7

№	Параметры	Формула	Ед.изм	Volvo AF-30
9	Время установки под разгрузку	$t_{y.p}$	мин	0,8
10	Время задержки в пути	t_3	мин	2
11	Продолжительность смены	$T_{см}$	мин	720
12	Норматив времени на подг.-закл. операции	$T_{п.з}$	мин	15
13	Норматив времени на обслуж. раб. места	$T_{обс}$	мин	10
14	Норматив времени на личные надобности	$T_{л.н.}$	мин	10
15	Норматив времени на регламетир. перерывы	$T_{р.п.}$	мин	10
16	Норматив времени на отдых и принятие пищи (обед)	$T_{отд}$	мин	60
17	Время одного рейса (оборота) самосвала	$t_{об}=t_o+t_{п}+t_{р}+t_{ож.п}+t_{y.п}+t_{y.p}+t_3$	мин	13,11
18	Нормативное число рейсов в смену	$N_p=(T_{см}-T_{п.з}-T_{обс}-T_{л.н}-T_{р.п}-T_{отд})/t_{об}$	ед	46,9
19	Сменная производительность экскаватора (в целике)	$H_{в.см}$	м³/см	813
20	Объем г.м. в кузове автосамосвала (в целике)	V_a	м³	11,2
21	Сменная производительность автосамосвала (в целике)	$H_{выр.а}=V_a \times N_p$	м³/см	527,1
22	Необходимое количество смен на годовой объем	$N_{см}=A_{год}/H_{выр.а}$	смен	22
23	Число а/с, обслуживающих экскаватор	$N=H_{в.год}/H_{выр.а}$	шт.	1,5
24	Число автосамосвалов на сменный объем перевозки	$n=V_{п.см}/H_{выр.а}$	шт.	0,03
25	Среднесменный объем перевозок	$V_{п.см}=A_{год}/N_{см.год}$	м³/см	18
26	Инвентарный парк автосамосвалов	$N_{и}=n/(K_{т.г.} \times 0,9)$	шт.	0,05

Исходя из выше приведенных расчетов производительности оборудования можно сделать вывод, что для выемки и перемещения скальных пород из гребня дамбы на поверхность старого хвостохранилища потребуется: 1 – экскаватор, 1 – автосамосвал.

4.3. Противозерозионные мероприятия

Для предотвращения водной и ветровой эрозии, защиты от пыления поверхность спланированного хвостохранилища перекрывают слоем скального грунта, образовавшегося от разборки гребня дамбы.

Скальный грунт перевозится автосамосвалом, после разгрузки производится планировка бульдозером. Покрытие производится в том же направлении, что и направление планировки, с северо-востока на юго-запад. Объем скальных пород, образовавшегося от разборки гребня дамбы, хватает на покрытие хвостохранилища средней толщиной слоя 0,12 м.

Планировка скального грунта производится БРА. БРА постепенно раскатывает скальный грунт по площади. Схема работы представлена на рисунке 13.

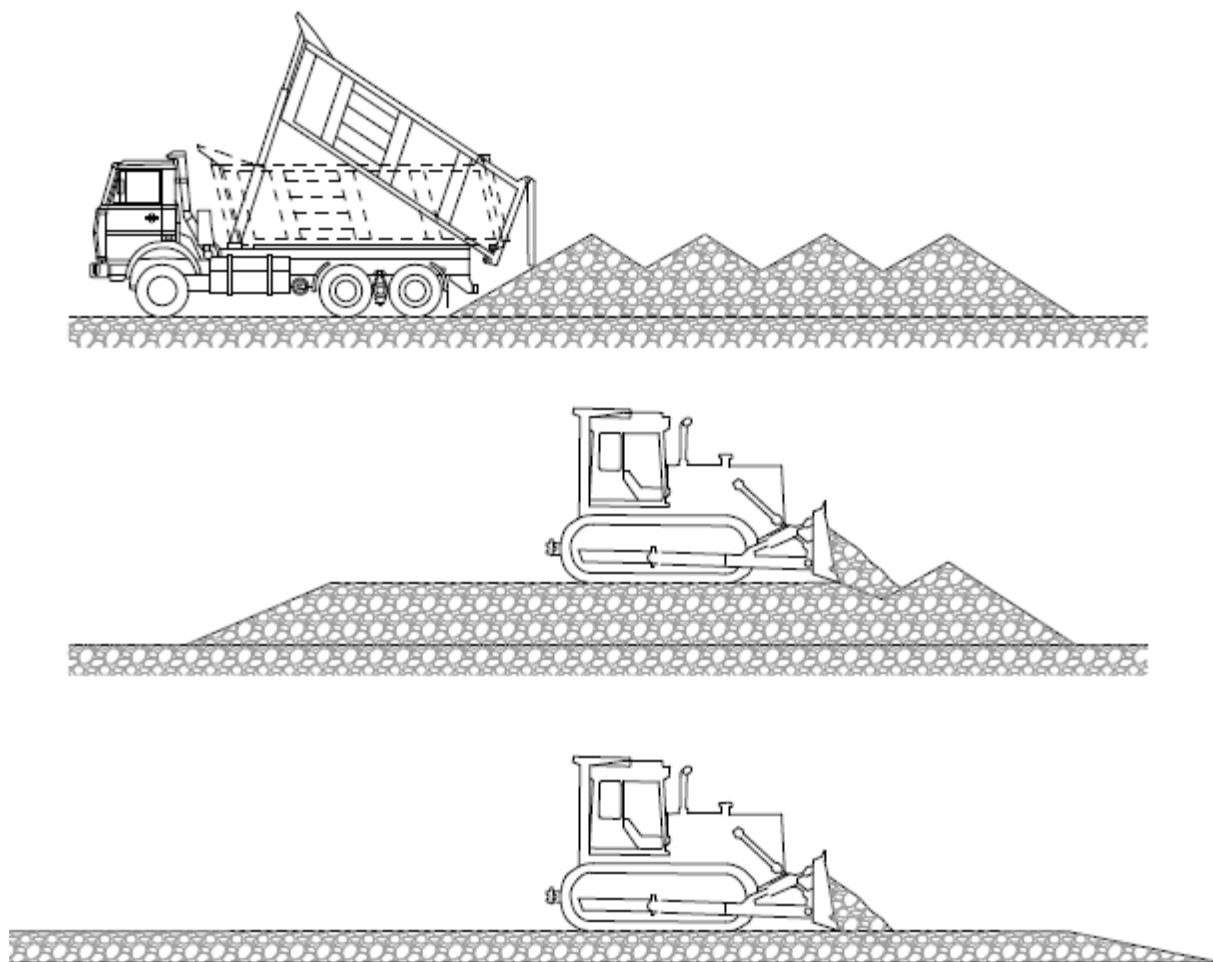


Рисунок 13 – Схема работы БРА при планировке скального грунта

Расчет производительности БРА при планировке представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Расчет производительности бульдозера Komatsu D375A-5 при планировке скального грунта

Параметр	Формула	Ед. изм	Значение
Продолжительность смены	Тсм	ч	11
Объём призмы волочения	V _{ПВ}	м³	18,5
Коэффициент использования машины во времени в смену	Кв		0,8
Коэффициент разрыхления породы	Кр		1,1
Расстояние набора породы	L _н	м	0
Расстояние перемещения породы*;	L _г	м	100
Скорость движения бульдозера при наборе породы;	V _н	м/сек	1
Скорость передвижения бульдозера при перемещении грунта	V _г	м/сек	1,9
Скорость движения порожнего бульдозера	V _п	м/сек	3,8
Время на переключение скорости	t _п	с	10
Время цикла работы бульдозера	$T_{цб} = L_n/V_n + L_g/V_g + (L_n + L_g)/V_p + t_p$;	с	88,9
Сменная производительность БРА	$\Pi = (3600 \times T_{см} \times V_{ПВ} \times K_v) / (T_{цб} \times K_p)$	м³/см	5990,1

*Расстояние получено эмпирически. Производится многократная планировка до средней толщины слоя 0,12 м, на расстояние до 50м.

Исходя из выше приведенных расчетов производительности оборудования можно сделать вывод, что для разборки гребня дамбы и планировки скального грунта потребуется: 1 – БРА, 1 – экскаватор, 1 – автосамосвал.

4.4. Календарь работ

Анализируя производительности оборудования и объёмы работ рассчитываем количество смен на выполнения выше перечисленного комплекса работ при ликвидации хвостохранилища.

БРА: 6 смены на планировку хвостохранилища, 2 смены на планировку скального грунта. Итого 8 смен. Однако необходимо сделать поправку на возможное предварительное рыхление, простой во время ожидания самосвала во время планировки скального грунта и на корректировку расстояния планировки. Поправка составит до 100%. Следовательно, на весь комплекс работ БРА необходимо до 16 смен чистого рабочего времени при полной загрузке.

Экскаватор: 72 смены на погрузку спланированного грунта и 14 смен на разборку гребня дамбы. Итого на весь комплекс работ экскаватору необходимо до 86 смен при полной загрузке.

Самосвал: 110 смен на перевозку спланированного грунта и 22 смены на перевозку скального грунта из гребня дамбы. Итого на весь комплекс работ автосамосвалу необходимо до 132 смены при полной загрузке.

Предварительный график работ предоставлен в таблице 13.

Таблица 13 – График выполнения работ

Вид работ	2021												2022												2023												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Проходка водоотводящей канавы																																					
Планировка, формирование хвостов бурты																																					
Погрузка и перевозка хвостов в новое ХХ																																					
Разборка гребня дамбы																																					
Планировка ХХ грунтами дамбы																																					

5. ОХРАНА ТРУДА И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

5.1. Охрана труда и промышленная санитария

Одним из главных вопросов промышленной санитарии на карьерах является снижение уровней запыленности и загазованности в атмосфере карьеров до уровней санитарных норм.

Состав атмосферы объектов открытых горных работ должен отвечать установленным санитарным нормативам по содержанию основных составных частей воздуха и вредных примесей (пыль, газы), с учетом действующих государственных стандартов. Воздух рабочей зоны должен содержать по объему 20 % кислорода и не более 0,5 % углекислого газа. Содержание других вредных газов не должно превышать установленных санитарных норм. Места отбора проб и их периодичность устанавливаются графиком, утвержденным техническим руководителем организации, но не реже одного раза в квартал и после каждого изменения технологии ведения работ.

В местах выделения газов и пыли должны быть предусмотрены мероприятия по борьбе с пылью и газами.

Для снижения пылеобразования при экскавации горной массы в теплые периоды года необходимо проводить орошение забоев водой. Для снижения пылеобразования на автомобильных дорогах при положительной температуре воздуха должна быть организована поливка дорог водой с применением, при необходимости, связующих добавок.

Если работа автомобилей, бульдозеров, экскаваторов и других машин с двигателями внутреннего сгорания сопровождается образованием концентраций ядовитых примесей выхлопных газов в рабочей зоне, превышающих ПДК, должны применяться нейтрализаторы выхлопных газов.

Контроль над осуществлением мероприятий по борьбе с пылью, соблюдением установленных норм по составу атмосферы, радиационной безопасности на объекте открытых горных работ возлагается на руководство предприятия.

5.2. Техника безопасности

Требования безопасности при эксплуатации одноковшовых экскаваторов

Эксплуатация одноковшовых экскаваторов должна осуществляться согласно п. п. 528, 530, 531, 598-608 [ПБ при ведении ГР и переработке ТПИ].

При передвижении гусеничного экскаватора по горизонтальному участку или на подъем привод ходовой тележки должен находиться сзади, а при спусках с уклона – впереди. Ковш должен быть опорожнен и находиться не выше 1м от почвы, а стрела должна быть установлена по ходу экскаватора.

Перегон экскаватора должен осуществляться по трассе, расположенной вне призмы обрушения, с уклонами, не превышающими допустимые по техническому паспорту экскаватора, и имеющей ширину, достаточную для маневров.

Экскаватор необходимо располагать на уступе на выровненном основании с уклоном, не превышающим допустимого техническим паспортом экскаватора. Расстояние между откосом уступа, отвала или транспортным средством и контргрузом экскаватора

устанавливается паспортом забоя в зависимости от горно-геологических условий и типа оборудования, но в любом случае должно быть не менее 1м.

При погрузке в автотранспорт водители автотранспортных средств обязаны подчиняться сигналам машиниста экскаватора, значение которых устанавливается руководством организации. Таблицу сигналов следует вывешивать на кузов экскаватора на видном месте, с ней должны быть ознакомлены машинисты экскаватора и водители транспортных средств.

В случае угрозы обрушения или оползания уступа во время работы экскаватора, машинист экскаватора обязан прекратить работу, отвести экскаватор в безопасное место и поставить в известность технического руководителя смены.

Горюче-смазочные материалы и ветошь, необходимые для внутрисменного технического обслуживания, должны храниться в несгораемой закрытой таре.

Исправность и комплектность экскаватора должна проверяться ежесменно машинистом, еженедельно – механиком участка и ежемесячно – главным механиком карьера.

Требования безопасности при эксплуатации автомобильного транспорта

Безопасность движения автосамосвалов обеспечивается организацией работы и соблюдением правил дорожного движения.

Основными причинами травматизма при работе автотранспорта являются:

- столкновение машин и наезды на препятствия;
- неправильная подача и установка автосамосвалов под погрузку и разгрузку;
- падение автосамосвалов под откос при разгрузке;
- удары кусков груза по кабине при погрузке;
- самопроизвольное опускание кузова;
- падение людей из кузова и с подножки;
- скатывание машины при движении по крутым уклонам на следующую за ней автомашину или идущую впереди;
- нарушение правил ремонта и т.д.

Эксплуатация автомобильного транспорта должна осуществляться согласно п. п. 571 -574, 728 – 740 [ПБ при ведении ГР и переработке ТПИ].

Безопасное движение автосамосвалов обеспечивается рациональным выбором параметров дороги, условиями ее содержания, режимов эксплуатации (скоростей движения на данных участках трассы).

При движении по трассе водитель должен руководствоваться дорожными знаками, с учетом условий движения (дождь, метель, туман, гололед, ночное время и т.д.). Для обеспечения безопасного движения необходимо соблюдать требуемый интервал между самосвалами. Расстояние между автосамосвалами должно быть не меньше полного тормозного пути и зазора безопасности (равного длине машины или при больших машинах – 10м). При расстоянии видимости менее длины тормозного пути движения запрещается. При резком снижении видимости (метель, буря и т.д.) $L_v \leq 20$ м движение также запрещается.

Перед началом погрузки водитель должен затормозить автосамосвал, а двигатель оставить работать вхолостую.

При погрузке горной массы в автомобили должны выполняться следующие условия:

- находящийся под погрузкой автомобиль должен быть в пределах видимости машиниста экскаватора;
- находящийся под погрузкой автомобиль должен быть заторможен;
- погрузка в кузов автомобиля должна производиться только сзади или сбоку;
- высота падения груза должна быть минимальной и во всех случаях не превышать 3 м;
- нагруженный автомобиль может следовать к пункту разгрузки только после разрешающего сигнала машиниста экскаватора;
- не допускается односторонняя или сверхгабаритная загрузка, а также превышающая установленную грузоподъемность автомобиля.

При работе на линии ЗАПРЕЩАЕТСЯ:

- движение с поднятым кузовом;
- выход из кабины до полного подъема или опускания кузова;
- движение задним ходом без подачи звукового сигнала;
- нарушение таблицы сигналов;
- покидать кабину с включенным двигателем;
- эксплуатация автомобиля с неисправным пусковым устройством двигателя;
- стоянка на территории отвала;
- перевозка посторонних людей в кабине без разрешения администрации предприятия;
- остановка автомобиля на уклоне или подъеме.

В случае остановки автомобиля на подъеме или уклоне вследствие технической неисправности водитель обязан принять меры, исключающие самопроизвольное движение автомобиля.

Технические требования безопасности к выемочно-транспортирующим машинам (ВМТ)

К выемочно-транспортирующим машинам (ВМТ) относятся такие механизмы, которые одновременно с отделением (или после отделения) горной массы от массива перемещают (транспортируют) её, причём движение рабочего органа в этот период осуществляется перемещением всей машины, как правило, за счёт развиваемого ею тягового усилия или реже – с помощью тягачей или толкачей. К ВМТ относятся бульдозеры и рыхлители.

Бульдозеры предназначены для послойной разработки пород I-IV категории без предварительного рыхления и перемещения на расстояние до 50-150 м.

Рыхлители предназначены для послойного рыхления мёрзлых и скальных пород с прочностью до 90 Мпа. Рыхлительное оборудование навешивается на тракторы тяговых классов 100 кН и выше.

Бульдозерно-рыхлительные агрегаты (БРА) предназначены для комплексной механизации землеройных работ на мёрзлых и скальных породах без применения буровзрывных работ (БВР).

Эксплуатация бульдозеров должна осуществляться согласно п. п. 572 - 574, 590-596, 618-623 [ПБ при ведении ГР и переработке ТПИ].

Управлять ВТМ могут только лица, знающие их устройство, правила дорожного движения, освоившие навыки управления и имеющие соответствующее удостоверение на право управления одной из указанных выше машин. При движении по дорогам следует строго соблюдать правила движения, установленные для автотранспорта. При работе в тёмное время трактор должен иметь передние фары для освещения пути и хвостовые сигналы.

Запрещается оставлять ВТМ с работающим двигателем. Перед выходом из машины машинист обязан остановить её на ровной площадке без продольных уклонов, заглушить двигатель и затормозить ручным тормозом. Двери кабины при движении должны быть закрыты.

Заправлять машины горючими и смазочными материалами следует днём, а в темное время суток – при нормальном электрическом освещении. При заправке категорически запрещается курить, зажигать спички, пользоваться керосиновыми и неисправными электрическими фонарями. Для исключения образования искры следует тщательно проверять изоляцию электрической проводки и исправность контактов.

При обращении с низкотемпературными ядовитыми смесями, заливаемыми зимой (антифризами), следует быть особенно осторожным. В отличие от воды, которая при температуре ниже 0 °С замерзает, антифризы имеют температуру окружающей среды, и при неаккуратном обращении с холодной жидкостью можно получить обморожение.

5.3. Для снижения пылеобразования при экскавации горной массы в теплый период года производится орошение забоев водой.

В соответствии с Нормами технологического проектирования горнорудных предприятий цветной металлургии с открытым способом разработки (ВНТП-35-86) для карьеров, расположенных в районах с умеренным и влажным климатом, принимается:

- периодичность орошения - 1 раз в сутки;
- расход воды на орошение - 30 л/м³ (30 м³/1000 м³);
- количество дней орошения - 40.

Объем снимаемого грунта составляет 60147 м³, объем грунтов гребня дамбы 11,22 тыс.м³. Общий объем составляет 71367 м³. согласно календарному плану, весь объем будет отработан в течении 132 смен. Среднесменный объем составляет ≈541 м³. Максимальный годовой объем составит 32640 м³.

Суточный расход воды на орошение:

$$30 \times 541 = 16230 \text{ л.}$$

Годовой объем воды на орошение горной массы:

$$30 \times 32640 = 973800 \text{ л.}$$

Пылеподавление при отвалообразовании

Расход воды на 1м^3 горной массы и периодичность орошения при бульдозерных работах на отвале аналогично экскавации.

Годовой расход воды составит - $973,8 \text{ м}^3$, суточный – $16,23\text{м}^3$.

Пылеподавление на технологических внутриплощадочных автодорогах

- Ширина проезжей части автодорог - $9,0\text{м}$.
- Длина автодороги до отвала – 1 км .
- Площадь полива составит $9,0 \times 1000 = 9000\text{м}^2$.
- Расход воды на поливку автодорог с низшим типом покрытия (щебеночным, гравийным) - 1 л/м^2 . [ВНТП-35-86].
- Интервал между поливами - 4ч .
- Число поливов в сутки - 3 .
- Расход воды: суточный - $9000 \times 3 = 27\text{м}^3$.
- Работы проводятся только в летний период, количество смен полива принята 30 , годовой расход воды на полив составит - $27 \times 30 = 810\text{м}^3$.

ПРИЛОЖЕНИЕ №1

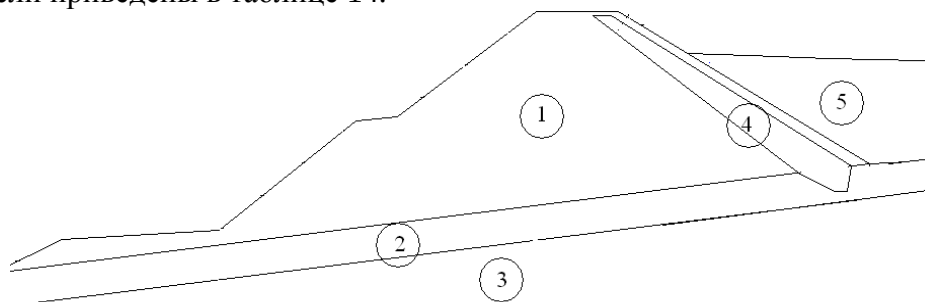
Расчет долговременной устойчивости ограждающей дамбы хвостохранилища рудника «Ветренский»

Расчёт долговременной устойчивости ограждающей дамбы хвостохранилища рудника «Ветренский» выполнен методом предельного равновесия с учетом гидродинамических сил и сейсмических воздействий. Устойчивость низового и верхового откосов соответствует требованиям СП 58.13330.2012, предъявляемым к сооружениям II класса как при основном, так и при особом сочетании нагрузок.

Расчеты выполнены директором по науке ООО «ПТУР» доктором технических наук Зотеевым О.В., являющимся членом «Ассоциации геомехаников России» (АГР) и Российской Национальной группы ISRM «Международного общества по механике скальных массивов».

1 Выбор и обоснование нормативных физико-механических характеристик грунтов

Выбор физико-механических характеристик грунтов производился на основе анализа и обобщения материалов, приведенных в [1, 2]. Расчетная модель схематически показана на рис. 14, расчетные характеристики инженерно-геологических элементов (ИГЭ) модели приведены в таблице 14.



1 – тело дамбы; 2 – аллювиальные отложения; 3 – коренные алевролиты; 4 – противофильтрационный экран; 5 – намытые хвосты

Рисунок 14 – Расчетная модель устойчивости дамбы

Таблица 14 - Нормативные значения физико-механических свойств грунтов

Тип грунта	Плотность минеральная $\rho_s, \text{т/м}^3$	Плотность при естественной влажности $\rho_e, \text{т/м}^3$	Пористость, доли ед.	Сцепление $C, \text{кПа}$	Угол внутреннего трения $\varphi, \text{град}$
Тело дамбы	2,67	2,03	0,34	20 (15)	32 (36)
Аллювиальные отложения	2,60	1,61	0,38	1	30
Коренные алевролиты	2,98	2,53	0,15	100	24

Тип грунта	Плотность минеральная $\rho_s, \text{т/м}^3$	Плотность при естественной влажности $\rho_e, \text{т/м}^3$	Пористость, доли ед.	Сцепление $C, \text{кПа}$	Угол внутреннего трения $\varphi, \text{град}$
Суглинки противофильтрационного экрана	2,77	1,90	0,42	25	22
Хвосты	2,65	1,43	0,34	0	29

Поскольку углы низового откосов достаточно пологие, наиболее вероятными типами оползней являются оползни с выдавливанием пород основания и контактные оползни. Поэтому при расчетах было необходимо оценить и характеристики сопротивления сдвигу по контактам между отдельными ИГЭ. Методика определения этих показателей, если они не были получены в ходе прямых испытаний, заключается в назначении минимально возможных величин сцепления и угла внутреннего трения из двух контактирующих материалов. Принятые расчетные характеристики приведены в таблице 15.

Таблица 15 - Расчетные показатели сопротивления сдвигу по контактам

Тип контакта	Тело дамбы – аллювиальные отложения	Аллювиальные отложения – коренные породы
Сцепление по контакту $C', \text{кПа}$	1	1
Угол трения по контакту $\varphi', \text{град}$	30	24

2 Расчет устойчивости дамбы на момент ликвидации хвостохранилища

Расчет устойчивости велся по трем профилям (рис. 16). Поскольку нижний ярус отделен от основного тела дамбы широкой бермой в расчетах моделировалось наиболее крутое положение второго яруса, а нижний ярус рассматривался как пригрузка (рис. 17), что обеспечивало дополнительный запас устойчивости.



Рисунок 16 – Положение расчетных профилей

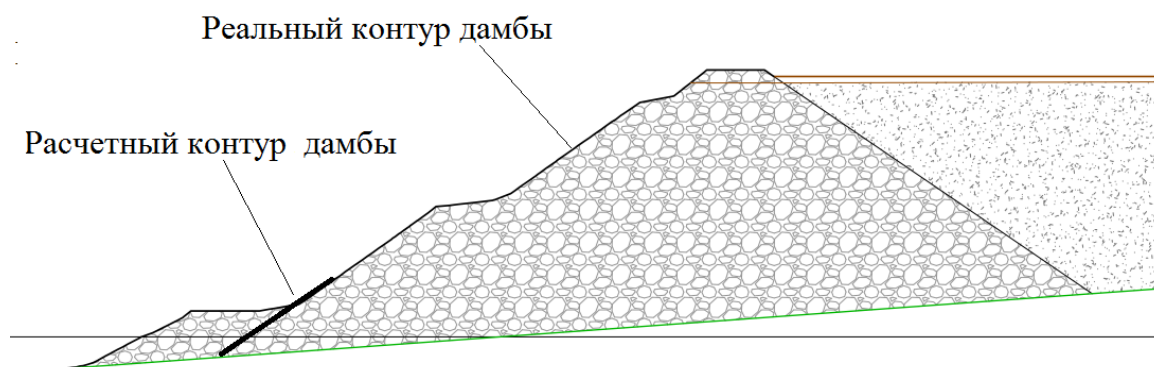


Рисунок 17 – Положение расчетного контура дамбы

В настоящее время дамба заморожена и находится в сухом состоянии. В случае полного оттаивания дамбы коэффициент фильтрации слагающего ее материала (10 м/сут) обеспечивает быстрый сток инфильтрующихся в нее осадков:

- максимально возможный суточный слой осадков не превышает 51 мм;
- площадь хвостохранилища составляет порядка 88 тыс. м, а площадь дамбы – порядка 17 тыс. м²;
- таким образом, с учетом коэффициента инфильтрации 0,3 и пористости тела дамбы 0,32 за сутки в дамбу поступит не более 1 606 м³ воды

($V=51 \cdot (88\,000 + 17\,000) / 0,32 \approx 1\,606$), т.е. она сможет подняться (без учета стока из тела дамбы) не более, чем на $0,28$ м ($H=1\,606 / 0,32 / 17\,000 \approx 0,28$);

- за это же время при градиенте $0,43$ (средняя ширина дамбы 65 м, длина дамбы 227 м) скорость истекания воды дамбы составит $4,3$ м/сут, т.е. за сутки из дамбы отфильтруется порядка 976 м³ воды ($V_{\text{стока}} = (4,3 \cdot 227 \approx 976)$), а остаточный уровень воды в дамбе составит $0,115$ м ($H_{\text{ост}} = (V - V_{\text{стока}}) / 17\,000 = (1\,606 - 976) / 17\,000 \approx 0,115$).

Таким образом, даже за неделю проливных дождей вода не сможет подняться в дамбе более, чем на $0,8$ м (при условии обеспечения поверхностного стока с поверхности хвостохранилища и мерзлого состояния хвостов ниже уровня сезонного талого слоя).

Следовательно, каменнонабросная дамба не является подпорным сооружением, а ее устойчивость должна оцениваться подобно устойчивости отвалов скальных пород. Поэтому при расчетах по особому сочетанию нагрузок учет сейсмического воздействия осуществлялся за счет ввода в уравнение баланса сил дополнительной сейсмической силы по псевдостатической схеме в соответствии с СП 14.13330.2018 [3]:

Расчетная сейсмическая нагрузка на сооружение (откос) определяется по формуле:

$$S_{ik} = K_0 \cdot K_1 \cdot S_{oik}, \quad (2.1)$$

где K_0 – коэффициент, учитывающий назначение сооружения и его ответственность [8] и равный для откосов со сроком службы менее 3 лет $K_0=0,75$, а при большем сроке - $K_0=1,00$ (табл. 4.2. [3]); K_1 – коэффициент, учитывающий допустимые повреждения и равный для бортов и определяемый в соответствии с табл. 5.2 [3], $K_1=0,25$ (допустимы остаточные деформации, трещины, повреждения отдельных элементов и т.п., затрудняющие нормальную эксплуатацию, при обеспечении безопасности людей и сохранности оборудования; S_{oik} - значение сейсмической нагрузки, определяемое в предположении упругого деформирования конструкций по формуле

$$S_{oik} = Q_k \cdot A \cdot \beta_i \cdot K_\psi \cdot \eta_{ik}, \quad (2.2)$$

Q_k – вес сооружения (призмы возможного оползня); A – коэффициент, значение которого следует принимать равным $0,1$; $0,2$ и $0,4$ соответственно для расчетной сейсмичности 7 , 8 и 9 баллов, в соответствии с п. 4.3 [3] $A=0,2$; β_i – коэффициент динамичности (для сооружений, не имеющих периода собственных колебаний, $\beta_i=1,0$); K_ψ - коэффициент, учитывающий способность зданий и сооружений к рассеиванию энергии, для откосов $K_\psi=1,0$; η_{ik} – коэффициент, зависящий от формы деформаций сооружения при его собственных колебаниях, для откосов $\eta_i=1,0$.

Окончательное выражение для расчета дополнительной сдвигающей силы выглядит следующим образом:

$$S_{oik} = K_1 \cdot A \cdot Q_k, \quad (2.3)$$

Для упрощения расчетов принимался наиболее опасный вариант: направление действия сейсмических сил совпадает со средним углом наклона поверхности скольжения, ограничивающей формирующийся оползень или вывал. В этом случае относительное изменение сил (рост сдвигающих сил и снижение нормально давления на поверхности скольжения) могут быть оценены следующим отношением:

$$r = \frac{Q_k + S_{oik}}{Q_k} = 1 + A \cdot K_1. \quad (2.4)$$

Подставляя в (2.4) исходные данные, получаем переходный коэффициент от основного сочетания нагрузок к особому: $r=1,05$ (на этот коэффициент должна умножаться сумма сдвигающих сил при подсчете коэффициента запаса устойчивости).

Результаты расчета устойчивости по профилям представлены в таблице 16 и на рисунках 18-20. Приведенные результаты позволяют утверждать, что устойчивость дамбы при условии полного промерзания заскладированных хвостов избыточна и превышает нормативные коэффициенты запаса устойчивости как для ГТС I класса (1,25), так и для отвалов (1,20).

Таблица 16 – Коэффициента запаса устойчивости низового откоса дамбы ликвидируемого хвостохранилища рудника Ветренский

Расчетный разрез	1-1	2-2	3-3
При основном сочетании нагрузок	1,52	1,46	1,42
При особом сочетании нагрузок	1,45	1,39	1,35

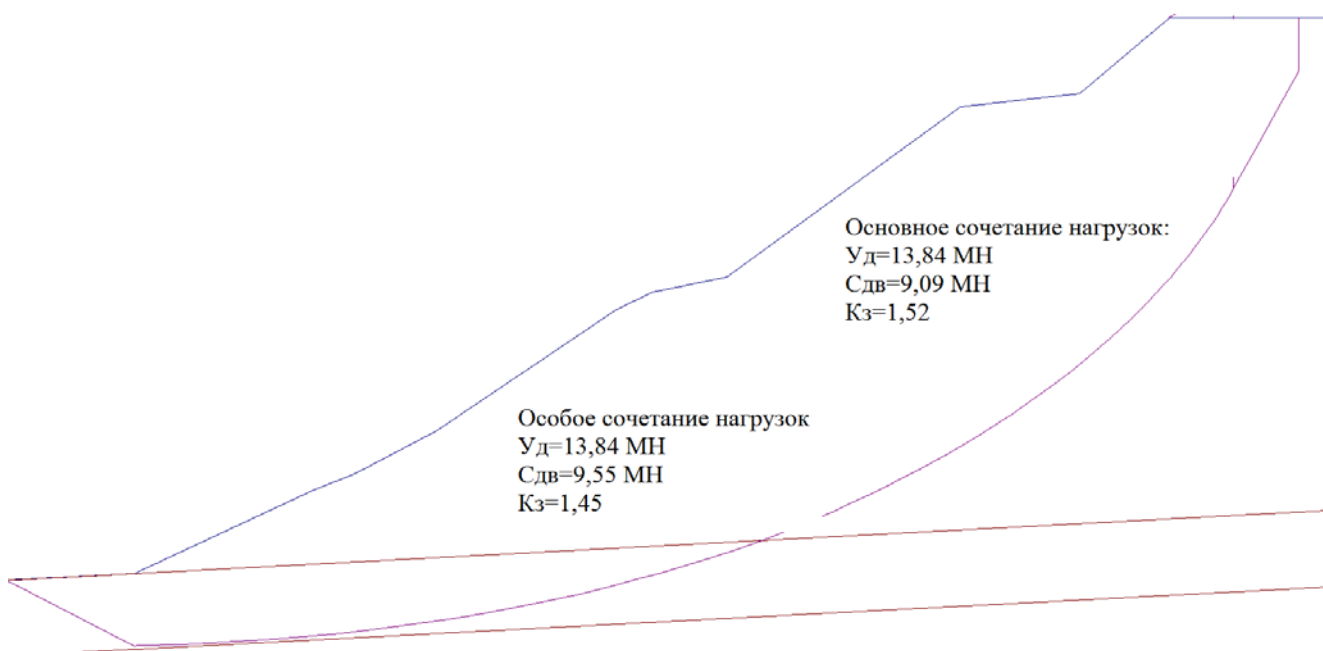


Рисунок 18 – Наиболее опасная поверхность скольжения в створе разреза 1-1

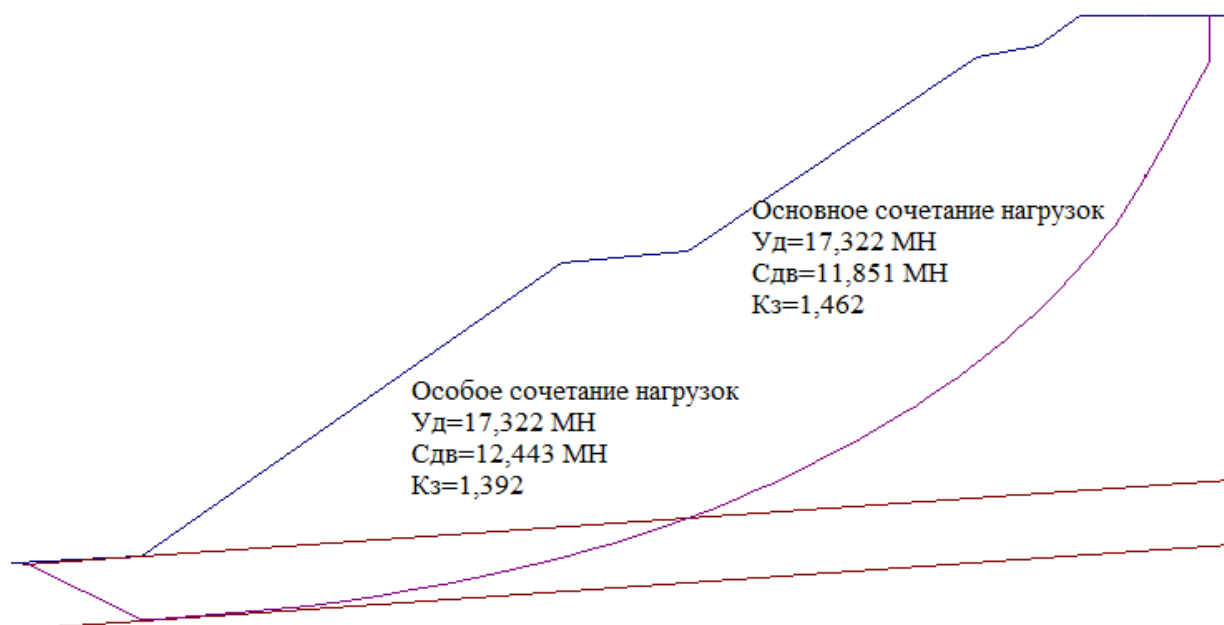


Рисунок 19 – Наиболее опасная поверхность скольжения в створе разреза 2-2

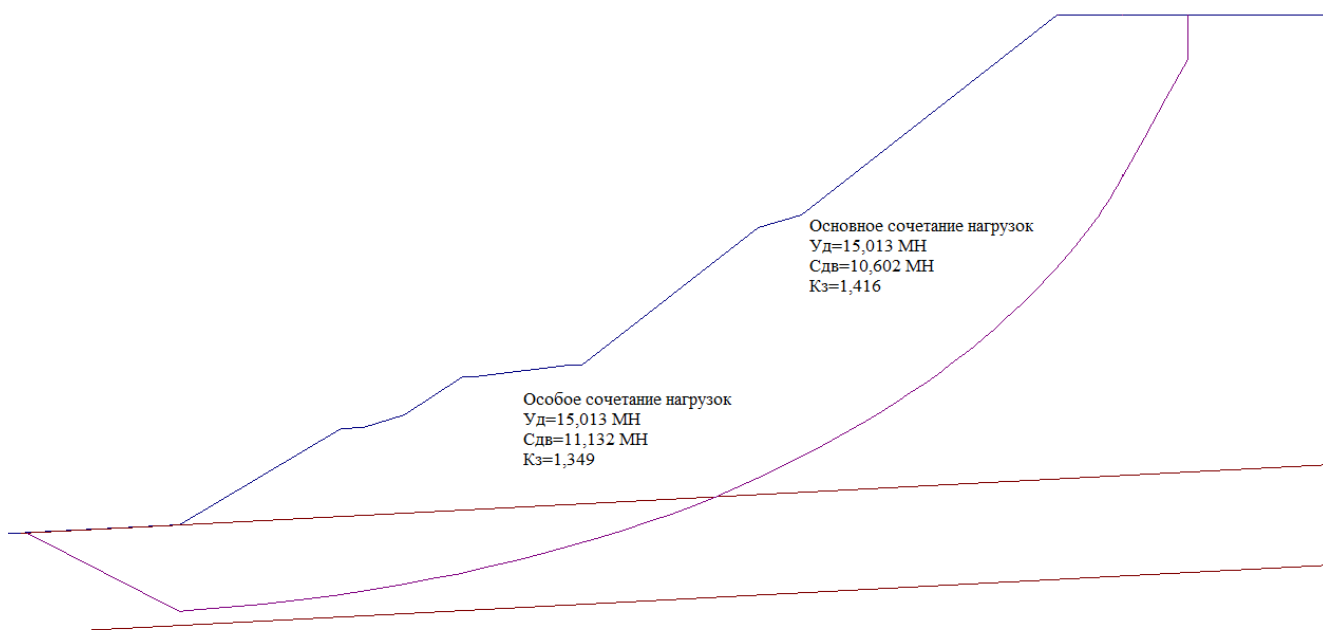


Рисунок 20 – Наиболее опасная поверхность скольжения в створе разреза 3-3

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Выполнение расчетов устойчивости и фильтрации гидротехнических сооружений хвостохранилища рудника «Ветренский» ООО «Электрум Плюс: Отчет о НИР /ЭЦ УГГГУ. – Екатеринбург, 2010
2. Хвостохранилище на руднике «Ветренский». Проектная документация 006-0555-ИОС7. Том 5.7. – Североуральск, 2016
3. СП 14.13330.2018. Строительство в сейсмических районах. – М., 2018