ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ

«МИГРУП ПРОЕКТ»

Заказчик – JSC «RMG Copper»

39-Й ЯРУС ОГРАЖДАЮЩЕЙ ДАМБЫ МЕДНО-ПИРИТОВОГО ХВОСТОХРАНИЛИЩА МАДНЕУЛЬСКОГО ГОКА

ПРОЕКТ ЭКСПЛУАТАЦИИ ХВОСТОХРАНИЛИЩА

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА И ГРАФИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

09-04-235-ПЭХХ

Изм.	№ док.	Подп.	Дата

Санкт-Петербург

2024

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ

«МИГРУП ПРОЕКТ»

Заказчик – JSC «RMG Copper»

39-Й ЯРУС ОГРАЖДАЮЩЕЙ ДАМБЫ МЕДНО-ПИРИТОВОГО ХВОСТОХРАНИЛИЩА МАДНЕУЛЬСКОГО ГОКА

ПРОЕКТ ЭКСПЛУАТАЦИИ ХВОСТОХРАНИЛИЩА

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА И ГРАФИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

09-04-235-ПЭХХ

Генеральный директор Н.А. Бабич

Главный инженер проекта А.М. Бабич

Изм.	№ док.	Подп.	Дата

Санкт-Петербург

2024

СОДЕРЖАНИЕ ТОМА

Обозначение	Наименование	Примечание
09-04-235-ПЭХХ	**Проект эксплуатации хвостохранилища**	
	ТЕКСТОВАЯ ЧАСТЬ	на 75 листах
	ГРАФИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	
09-04-235-ГР	**Гидротехнические решения**	на 7 листах
09-04-235-ЭН	**Наружное электроосвещение**	на листах

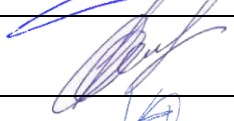
Взам. Инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	09-04-235-ПЭХХ-С		
Разработал		Матвеева			04.24	Содержание тома	Стадия	Лист	Листов
							Р	1	1
ГИП		Бабич			04.24		ООО «Мигруп Проект» г. Санкт-Петербург		
Н. контр.		Некрасов			04.24				

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Должность	Подпись	И.О. Фамилии	Дата
Главный инженер проекта		А.М. Бабич	04.2024 г.
Ведущий инженер		А.Г. Матвеева	04.2024 г.
Ведущий инженер		Д.С. Маслова	04.2024 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 4
1 Общие сведения 5
2 Сведения о природно-климатических, инженерно-геологических и гидрогеологических условиях площадки строительства 7
2.1 Природно-климатические условия района 7
2.2 Инженерно-геологические, гидрологические, гидрогеологические и сейсмические условия района 8
3 Состав существующих и проектируемых сооружений хвостового хозяйства 18
4 Система гидротранспорта отвальных хвостов 20
4.1 Характеристика сооружений гидротранспорта хвостов 20
4.2 Расчет гидротранспорта хвостов 21
4.2.1 Исходные данные 21
4.2.2 Расчетные данные и результаты расчета гидротранспорта 21
5 Гидравлическая укладка хвостов 26
5.1 Характеристика сооружений укладки хвостов 26
5.1.1 Существующее состояние намывной ограждающей дамбы хвостохранилища и конструктивные решения по возведению дамбы обвалования 39го яруса 26
5.1.2 Распределительные пульповоды 28
5.2 Основные положения по укладке хвостов 29
5.3 Регламент ведения намывных работ по годам эксплуатации 31
6 Система водоотведения и оборотного водоснабжения 33
6.1 Система оборотного водоснабжения 33
6.2 Фильтрация из хвостохранилища и отведение дренажных стоков 34
7 Баланс воды по хвостохранилищу 36
7.1 Исходные данные 36
7.2 Расчет баланса воды по хвостохранилищу 37
7.3 Выводы 43
8 Расчетное обоснование устойчивости ограждающей дамбы хвостохранилища 44
9 Мероприятия по охране окружающей среды 47
10 Основные положения мониторинга безопасности сооружений. Контроль и наблюдения за работой хвостового хозяйства 48
10.1 Общие положения 48
10.2 Перечень основных функций системы мониторинга безопасности ГТС 49
10.3 Перечень контролируемых параметров 49
10.4 Описание состава КИА 51
10.5 Описание службы мониторинга безопасности ГТС 51
11 Общие положения по охране труда 53
Список материалов, использованных при выполнении проекта эксплуатации 55
Приложение А Техническое задание на проектирование. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ПО ОБЪЕМУ ОБОРОТНОЙ ВОДЫ 56
Приложение Б Расчет количества одновременно работающих выпусков 61
Приложение В Фильтрационные расчеты 65
Приложение Г Расчетная оценка статической и сейсмической устойчивости дамбы хвостохранилища Маднеули по створу В-В в программном комплексе Geostudio 2018 70
Приложение Д Схема расположения КИА 75

ПЕРЕЧЕНЬ ТАБЛИЦ

Таблица 2.1.1 – Строительно-климатологическая характеристика (село Казрети) ... 7
Таблица 2.1.2 – Температура воздуха ... 7
Таблица 2.1.3 – Амплитуда температуры воздуха ... 7
Таблица 2.1.4 – Относительная влажность воздуха ... 7
Таблица 2.1.5 – Количество осадков ... 8
Таблица 2.1.6 – Снежный покров ... 8
Таблица 2.1.7 – Нормативные значения давления ветра ... 8
Таблица 2.1.8 – Нормативные значения давлении ветра ... 8
Таблица 2.1.9 – Нормативная глубина сезонного промерзания грунтов, см ... 8
Таблица 2.2.1 – Физико-механические свойства ИГЭ-7 ... 9
Таблица 2.2.2 – Гранулометрический состав ИГЭ-6 ... 9
Таблица 2.2.3 – Физические свойства ИГЭ-6 ... 9
Таблица 2.2.4 – Физические свойства ИГЭ-6 ... 10
Таблица 4.2.2.1 – Гранулометрический состав хвостов с dcp.=0,039 мм ... 22
Таблица 4.2.2.2 – Исходные и расчетные данные гидротранспорта хвостов при подаче расчетного объема по одному рабочему пульповоду DN400 ... 22
Таблица 5.2.1 – Параметры намыва 39го яруса хвостохранилища ... 29
Таблица 5.3.1 – Параметры намыва по годам эксплуатации при производительности ОФ по хвостам – 3,0 млн. тонн в год ... 31
Таблица 6.1.1 – Характеристики системы оборотного водоснабжения ... 33
Таблица 7.1.1 – Технологические показатели поступающей пульпы ... 36
Таблица 7.1.2 – Среднее месячное и годовое количество осадков, мм ... 37
Таблица 7.1.3 – Среднее месячное и годовое количество испарений с водной поверхности, мм ... 37
Таблица 7.1.4 – Среднее месячное и годовое количество испарений с поверхности суши по месяцам, мм ... 37
Таблица 7.2.1 – Укрупненный расчет баланса воды по хвостохранилищу для среднего по водности года ... 39
Таблица 7.2.2 – Баланс по хвостохранилищу на 2026-2028 гг. с учетом осадков и испарений 50% обеспеченности при годовом выходе хвостов 3,0 млн. тонн ... 42
Таблица 8.1 – Результаты расчетов устойчивости ограждающей дамбы хвостохранилища по створу В-В в программном комплексе GeoStudio 2018 ... 46

ПЕРЕЧЕНЬ РИСУНКОВ

Рисунок 4.2.2.1 – Гидравлическая схема подачи хвостов до конечной отметки 876,00 м ... 25
Рисунок 6.1.1 – Гидравлическая схема оборотного водоснабжения ... 35
Рисунок 7.2 – Кривые объемов и площадей хвостохранилища ... 41
Рисунок 8.1 – Схема расположения расчетных створов А-А и В-В для оценки устойчивости хвостохранилища ... 45

ВВЕДЕНИЕ

Настоящий Проект эксплуатации хвостового хозяйства обогатительной фабрики горно-обогатительного комбината Маднеули разработан на основании договора №09-03-24 от 27.02.2024 г. между JSC «RMG Copper» (Грузия) и ООО «МИГРУП ПРОЕКТ» (Российская Федерация, г. Санкт-Петербург) в соответствии с Техническим заданием на проектирование, представленным в Приложении А.

Обогатительная фабрика ГОКа Маднеули эксплуатируется с 1975 года.

Разрабатываемый Проект предусматривает эксплуатацию сооружений хвостового хозяйства обогатительной фабрики Маднеули в течение 2026÷2028 гг.

В данном Проекте эксплуатации рассмотрены вопросы:

- гидротранспорта пульпы с учетом заданных технологических данных по выходу хвостов, технических характеристик существующего насосного оборудования в пульпонасосной станции и строящейся подкачивающей пульпонасосной станции, диаметров и протяженности участков магистральных и распределительных пульповодов;
- складирования отвальных хвостов на период 2026-2028 гг.;
- водоотведения из хвостохранилища и оборотного водоснабжения фабрики;
- водного баланса и основных характеристик намыва по годам эксплуатации;
- устойчивости ограждающей дамбы хвостохранилища;
- проведения регламентных работ по контролю сооружений хвостового хозяйства;
- охраны окружающей среды;
- техники безопасности при ведении работ.

В рамках настоящего Проекта эксплуатации хвостохранилища разработана рабочая документация на строительство дамбы обвалования 39го яруса хвостохранилища Маднеули, продление магистральных пульповодов и перекладку распределительных пульповодов на вновь возводимую дамбу обвалования с отметкой гребня 876,0 м, перенос электроосвещения, а также перекладку трубопровода оборотного водоснабжения на борту хвостохранилища выше по рельефу на незатопляемые отметки.

Проект эксплуатации выполнен в соответствии с действующими на территории Грузии нормами, Распоряжением Министерства экономического развития Грузии №1-1/609 от 17 апреля 2007 г. об утверждении «Правил безопасности минеральных и неминеральных полезных ископаемых, полезных ископаемых, агрегатных и минеральных заводов», приказом №1-1/251 от 18 февраля 2011 года министра экономики и устойчивого развития Грузии «Об использовании других документов технических регуляций и правил действующих до 1992 года на территории Грузии в строительной сфере и технического надзора», а также ПБ-03-438-02 «Правила безопасности накопителей жидких промышленных отходов» и другими действующими и рекомендуемыми к применению нормативными документами.

1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Обогатительная фабрика и хвостовое хозяйство предприятия Маднеули расположено рядом с поселком Казрети Болнисского района Грузии, в 50 км к юго-западу от Тбилиси. Медно-пиритовое хвостохранилище расположено на расстоянии ~2,5 км от обогатительной фабрики, в долине ручья Болис-Хеви.

Обогатительная фабрика Маднеули JSC «RMG Copper» и медно-пиритное хвостохранилище эксплуатируются с 1975 года.

Хвостохранилище по способу заполнения – намывного типа. Наращивание хвостохранилища для последующего намыва производится с предварительной отсыпкой дамбы обвалования для организации очередного яруса намыва. Максимальная высота дамбы в настоящее время – 185 м, сооружение относится к ГТС I класса.

При создании очередного яруса намыва производится формирование низового откоса дамбы с генеральным проектным заложением. Генеральное заложение низового откоса центральной части дамбы – 1:4 (до отметки 748,5) и далее по высоте – 1:6, боковой части дамбы – 1:4 (до отметки 836) и далее по высоте – 1:6.

В настоящее время эксплуатация медно-пиритного хвостохранилища производится с дамбы обвалования 38 яруса с проектной отметкой гребня 868,0 м.

Для создания емкости на следующий временной период необходимо строительство очередной ограждающей дамбы 39 яруса хвостохранилища для складирования хвостов с обеспечением условий безопасной эксплуатации хвостохранилища.

Настоящий проект эксплуатации и рабочая документация на строительство дамбы обвалования 39го яруса разработаны в марте-апреле 2024 г. К этому времени заполнение емкости 38го яруса ведется четыре-пять месяцев, а окончание эксплуатации 38го яруса ожидается в феврале 2026 г. Таким образом, проектирование нового 39го яруса выполняется заблаговременно, на основании действующего проекта эксплуатации (09-04-205-ПЭХХ) и заложенных в него проектных решений. В ходе и по окончании заполнения 38го яруса необходимо регулярно выполнять топосъемку хвостохранилища, вести мониторинг всех контролируемых параметров сооружений и систем хвостового хозяйства, сверяться с регламентом ведения работ согласно 09-04-205-ПЭХХ. В случае обнаружения отклонений фактических параметров от проектных рекомендуется перед строительством дамбы очередного 39го яруса выполнить корректировку настоящей документации.

При разработке настоящего проекта эксплуатации и рабочей документации на строительство дамбы обвалования с отм. гребня 876,0 м учтены следующие материалы:

– Технический отчет «Инженерно-геологические изыскания на территории медно-пиритового хвостохранилища Маднеули», выполненный ООО «Джеоинжиниринг» в 2020 г.;

– Технический отчет по результатам инженерно-геологических изысканий «Производство инженерно-геологических и инженерно-геофизических изысканий

(сейсмическое микрорайонирование) по существующему медно-пиритовому хвостохранилищу в республике Грузия». Шифр 20/195-ИГИ. ООО «Нефтегазпроектстрой», г. Ставрополь, 2021 г.

– Технический отчёт по результатам дополнительных инженерно-геологических изысканий по объекту «Медно-пиритовое хвостохранилище Маднеульского ГОКа». Шифр 24/01/2023-ИГИ. ООО «Ставпроектстрой», г. Ставрополь, 2023 г.

– «Оценка сейсмической опасности и геофизические исследования Маднеульского хвостохранилища и примыкающей территории в поселке Казрети» Тбилисский государственный университет им. Иванэ Джавахишвили, Институт геофизики им. Михаила Нодиа. Тбилиси, 2018 г.

– рабочая документация ограждающей дамбы 38-го яруса с отметкой гребня 868,0 м, разработанная ООО «Мигруп Проект», шифр 09-04-205-ГР, 2023 г.;

– исполнительная съемка по хвостохранилищу, выполненная маркшейдерской службой предприятия Маднеули в январе 2024 г.

2 СВЕДЕНИЯ О ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ, ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ПЛОЩАДКИ СТРОИТЕЛЬСТВА

2.1 Природно-климатические условия района

Климат района умеренно-теплый, сухой. Влажность и среднегодовая температура воздуха в разных местах района различны: максимум температур приходится на июль-август, а минимум температур – на январь. Среднегодовая температура воздуха +11,4°С. Средние месячные и годовая температуры воздуха приведены в таблице 2.1.2. Абсолютный минимум температур воздуха: -27°С, абсолютный максимум температур: +39°С. Средняя годовая скорость ветра колеблется от 2,1 до 2,5 м/с. Для проектируемого района характерны ветры СВ, В, З, СЗ направлений. В среднем, в году бывает от 19 до 25 дней с сильным ветром.

Ниже в таблицах 2.1.1 –2.1.9 приведены климатические характеристики района.

Таблица 2.1.1 – Строительно-климатологическая характеристика (село Казрети)

Климатический район	Климатический подрайон	Средняя температура января, °С	Средняя температура июля, °С
II	IIб	от -5 до -2	от +21 до +25

Таблица 2.1.2 – Температура воздуха

Средняя месячная и годовая температура воздуха, °С													Абсолютный минимум, °С	Абсолютный максимум, °С	Средняя температура самого холодного периода, °С
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Ср. год			
-0,3	1,2	5,0	10,5	15,8	19,7	22,1	22,3	18,7	13,2	6,8	2,1	11,4	-27	39	-0,4

Таблица 2.1.3 – Амплитуда температуры воздуха

Характеристика	Амплитуда температуры воздуха по месяцам, ºС											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Средняя месячная	8,5	9,5	10,5	11,0	11,0	12,0	11,0	11,5	11,0	10,0	8,5	8,5
Максимальная месячная	19,0	20,0	21,1	21,5	21,6	22,5	21,5	22,0	21,5	20,6	19,0	19,1

Таблица 2.1.4 – Относительная влажность воздуха

Средняя месячная и годовая температура воздуха, °С												
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Ср. год
65	66	68	68	70	72	72	72	73	76	74	64	70

Таблица 2.1.5 – Количество осадков

Количество осадков в год, мм	Суточный максимум осадков, мм
600	110

Таблица 2.1.6 – Снежный покров

Масса снежного покрова, КПА	Количество дней со снежным покровом	Водоносность снежнего покрова, мм
0,5	24	32*

* Данные по водоносности снежного покрова получены по данным Дманиси.

Таблица 2.1.7 – Нормативные значения давления ветра

W_0 раз в 5 лет, КПА	W_0 раз в 15 лет, КПА
0,23	0,38

Таблица 2.1.8 – Нормативные значения давлении ветра

Наибольшая скорость ветра, возможная раз в 1, 5, 10, 15, 20 лет, м / сек.					Направление ветра и повторяемость штиля (%) в год*								
1	5	10	15	20	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	штиль
16	20	24	26	27	2/8	1/11	8/16	5/6	2/2	4/5	44/9	34/43	56/27

* Направление ветра и повторяемость штиля даны следующим образом:
в числителе – по данным Болниси; в знаменателе – по данным Дманиси.

Таблица 2.1.9 – Нормативная глубина сезонного промерзания грунтов, см

Глина и суглинистый грунт	Песок мелкий и пылеватый; супесь	Песок средний и крупный; гравелистый песок	Крупнообломочный грунт
0	0	0	0

2.2 Инженерно-геологические, гидрологические, гидрогеологические и сейсмические условия района

С точки зрения рельефа, территория расположения проектируемого участка и смежная зона представлена интенсивно оврагообразными и эрозивными склонами ущелий рек Машавера, Храми и их притоков. Левые притоки реки Машавера имеют субширотное направление, так же, как и хребты, расположенные между ними. Правые притоки и соответственно хребты, расположенные между ними, имеют переменные направления. В целом, развитые на территории ущелья и склоны хребта создают сложную конфигурацию эрозионного рельефа. Склоны, в большинстве случаев, засажены деревьями (облесены), их уклон переменный. Пологие откосы часто чередуются с крутыми склонами.

Медно-пиритовое хвостохранилище расположено на расстоянии ~2,5 км от ОФ в долине ручья Болис-Хеви. Русло ручья слабоизвилистое. Средний уклон ручья по тальвегу

– 0,06-0,092. Склоны долины покрыты лесом; наклон бортов от 15° до 45°. Абсолютные отметки рельефа в пределах 700-950 м.

По данным отчета ООО «Джеоинжиниринг» о результатах инженерно-геологических изысканий, выполненных на территории хвостохранилища в мае-июне 2020 года, основание хвостохранилища представлено туфами и туфобрекчиями. Коренные породы обладают физико-механическими свойствами, характеризующими их как прочные скальные грунты.

Результаты исследований свойств грунтов основания по данным отчета ООО «Джеоинжиниринг» [3] приведены в таблицах 2.2.1 - 2.2.4.

Таблица 2.2.1 – Физико-механические свойства ИГЭ-7

Описание грунта	Показатель физико-механических свойств грунта	Ед. изм.	Нормативное значение	Расчётное значение для доверительной вероятности		
				α=0,85	α=0,95	α=0,99
ТУФЫ И ТУФОБРЕЧИИ зеленовато-серые, умеренно выветрелые, прочные	Плотность, ρ	гр/см^3	2,435	2,421	2,411	2,395
	Предел прочности в водонасыщенном состоянии, Rc	МПа	883,637	697,346	560,840	344,036

В основании первичной дамбы залегают суглинки коричневые, твёрдые, с включением дресвы и щебня (делювиально-элювиальные отложения - deQ_{IV}), ИГЭ-6. Мощность залегания ИГЭ-6 по результатам бурения скв. №3 и №4 в основании и у подножия ограждающей дамбы, составляет соответственно 1,6 м и 32,6 м. Гранулометрический состав и физические характеристики ИГЭ-6 приведены в таблицах 2.2.2, 2.2.3 и 2.2.4.

Таблица 2.2.2 – Гранулометрический состав ИГЭ-6

Состав фракций, %				
Щебень 10-20 мм	Дресва 2,0-10 мм	Песок 0,1-2,0 мм	Песок пылеватый 0,005-0,1 мм	Глинистые частицы <0,005 мм
13,4	13,7	16,5	35,2	21,2

Таблица 2.2.3 – Физические свойства ИГЭ-6

Показатель свойства грунта		Ед. изм.	Нормативное значение	Расчетное значение		
				α=0,85	α=0,95	α=0,99
Естественная влажность W		д.ед.	0,182	-	-	-
Верхний предел пластичности, W_L		д.ед.	0,361	-	-	-
Нижний предел пластичности, W_P		д.ед.	0,205	-	-	-
Плотность минеральных частиц, α_s		гр/см^3	2,71		-	-
Плотность, ρ	в фундаменте	гр/см^3	1,93	1,92	1,90	1,88
	в откосе			1,95	1,97	1,99

Таблица 2.2.4 – Физические свойства ИГЭ-6

Число пластичности, Ip	Плотность скелета ρ_d, гр/см^3	Пористость, n	Коэфициент пористости, e	Влажность набухания, W_n	Показатель текучести, I_L	Степень влажности, Sr
0,157	1,64	0,395	0,654	0,242	-0,14	0,75

Дамбы обвалования отсыпаны из щебенистых грунтов с песчаным заполнителем (ИГЭ-1). Гранулометрический состав ИГЭ-1 приведен в таблице 2.2.5 по данным отчета ООО «Джеоинжиниринг» [3].

Таблица 2.2.5 – Гранулометрический состав ИГЭ-1

Состав фракций, %				
Глыбы >200мм	Щебень 10-20 мм	Дресва 2,0-10 мм	Песок 0,1-2,0 мм	Песок пылеватый 0,005-0,1 мм; глинистые частицы <0,005 мм
-	67,2	15,2	13,4	16,2

Толща уложенных хвостов достигает 100 м и представлена глинистыми разновидностями грунтов (переслаиванием супеси, песка и суглинка). Свойства намывных грунтов были изучены в рамках инженерно-геологических изысканий ООО «Нефтегазпроектстрой» в 2021 году и представлены в отчете шифр 20/195-ИГИ [8]. В сентябре-декабре 2023 г. были выполнены дополнительные инженерно-геологические изыскания на хвостохранилище Маднеули, в ходе которых были уточнены физико-механические свойства грунтов, выполнены исследования по оценке изменения модуля деформации хвостов с глубиной. Результаты дополнительных изысканий приведены в «Техническом отчёте по результатам дополнительных инженерно-геологических изысканий по объекту «Медно-пиритовое хвостохранилище Маднеульского ГОКа» (шифр 24/01/2023-ИГИ, ООО «Ставпроектстрой», г. Ставрополь, 2023 г.) [9]. Далее приведено описание намывных грунтов согласно нумерации ИГЭ в отчетах [8] и [9] с индексом «х» во избежание повторения обозначений, приводимых по отчету [3].

ИГЭ-1х (tQIVnm) [9]. Песок пылеватый, плотный, водонасыщенный. Мощность 2,8-11,8 м. Нормативное значение природной влажности 19,4 %; плотности грунта природного сложения 2,17 т/м3; коэффициента пористости 0,575, степени влажности 0,97.

Содержание частиц размером более 0,1 мм – 66,8 %.

По обобщенным данным гранулометрического состава пески ИГЭ-1х согласно ГОСТ 25100-2020 неоднородные, по степени морозной пучинистости – непучинистые.

Согласно табл. Б.10 ГОСТ 25100-2020 грунт классифицируется как песок плотный.

Модуль деформации по результатам компрессионных испытаний грунта в водонасыщенном состоянии, рассчитанный под нагрузками 0,1-1,5 МПа, изменяется от 13,2 до 93,3 МПа.

Модуль деформации по результатам испытаний грунтов статическими нагрузками трехосного сжатия, выполненный консолидировано-дренированным методом испытаний, рассчитанный при заданных нагрузках, в среднем составляет 49,4 МПа.

Нормативные значения прочностных характеристик, определенные в приборе трехосного сжатия методом консолидировано-дренированного среза (ГОСТ 12248.3-2020), составляют: угол внутреннего трения 35°, удельное сцепление - 3 кПа.

Нормативные значения прочностных характеристик, определенные в приборе трехосного сжатия методом консолидировано-недренированного среза (ГОСТ 12248.3-2020), составляют: угол внутреннего трения 35°, удельное сцепление - 1 кПа.

Коэффициент фильтрации ИГЭ-1х изменяется от 1,13 до 1,59 м/сутки.

ИГЭ-2х (tQIVnm) [8]. Песок мелкий плотный водонасыщенный. Мощность 2,2-28,5 м. Нормативное значение природной влажности 17,3%; плотности грунта природного сложения 2,20 т/м3; коэффициента пористости 0,516, степени влажности 0,94.

Содержание частиц размером более 0,1 мм - 76,1%.

По обобщенным данным гранулометрического состава пески ИГЭ-2х согласно ГОСТ 25100-2020 неоднородные, по степени морозной пучинистости - непучинистые.

Согласно табл. Б.10 ГОСТ 25100-2020 грунт классифицируется как песок плотный.

Модуль деформации по результатам компрессионных испытаний грунта в водонасыщенном состоянии, рассчитанный в интервале нагрузок 0,1-0,2 МПа, изменяется от 12,3 до 15,0 МПа, и в среднем составляет 13,6 МПа.

Модуль деформации по результатам испытаний грунтов статическими нагрузками трехосного сжатия в природном состоянии, рассчитанный в интервале нагрузок 0,1-0,2 МПа, изменяется от 21,8 до 45,4 МПа, и в среднем составляет 27,8 МПа.

Нормативные значения прочностных характеристик, определенные по данным лабораторных испытаний грунта в водонасыщенном состоянии методом консолидированного среза (ГОСТ 12248-2010), составляют: угол внутреннего трения 49°, удельное сцепление - 11 кПа.

Нормативные значения прочностных характеристик, определенные по данным лабораторных испытаний грунта в природном состоянии методом неконсолидированного среза (ГОСТ 12248-2010), составляют: угол внутреннего трения 50°, удельное сцепление - 12 кПа.

Нормативные значения прочностных характеристик, определенные методом трехосного сжатия в водонасыщенном состоянии методом консолидированного среза (ГОСТ 12248-2010), составляют: угол внутреннего трения 36°, удельное сцепление – 3 кПа.

Плотность песка в рыхлом состоянии изменяется от 1,31 до 1,47 г/см3, коэффициент фильтрации – от 1,14 до 2,46 м/сутки. Среднее значение коэффициента фильтрации 1,53 м/сут.

Плотность песка в уплотненном состоянии изменяется от 1,20 до 1,67 г/см3, коэффициент фильтрации - от 0,24 до 0,72 м/сутки, в среднем - 0,45 м/сут.

ИГЭ-3х (tQIVn m) [8]. Песок пылеватый рыхлый малой степени водонасыщения. Мощность 1,9 – 6,8 м.

Нормативное значение природной влажности 12,4%; плотности грунта природного сложения 1,79 т/м3; коэффициента пористости 0,828, степени влажности 0,44.

Содержание частиц размером более 0,1 мм - 68,35 %.

По обобщенным данным гранулометрического состава пески ИГЭ-3х согласно ГОСТ 25100-2011 неоднородные, по степени морозной пучинистости - непучинистые.

Согласно табл. Б.10 ГОСТ 25100-2020 грунт классифицируется как песок рыхлый.

Модуль деформации по результатам компрессионных испытаний грунта в водонасыщенном состоянии, рассчитанный в интервале нагрузок 0,1-0,2 МПа, изменяется от 10,3 до 12,4 МПа, и в среднем составляет 11,5 МПа.

Нормативные значения прочностных характеристик, определенные по данным лабораторных испытаний грунта в водонасыщенном состоянии методом консолидированного среза (ГОСТ 12248-2010), составляют: угол внутреннего трения 45°, удельное сцепление - 2 кПа.

Нормативные значения прочностных характеристик, определенные по данным лабораторных испытаний грунта в природном состоянии методом неконсолидированного среза (ГОСТ 12248-2010), составляют: угол внутреннего трения 45°, удельное сцепление – 3 кПа.

Плотность песка в рыхлом состоянии изменяется от 1,37 до 1,42 г/см3, коэффициент фильтрации - от 0,92 до 1,38 м/сутки. Среднее значение коэффициента фильтрации, равное 1,13 м/сут. Плотность песка в уплотненном состоянии изменяется от 1,54 до 1,60 г/см3, коэффициент фильтрации - от 0,30 до 0,47 м/сутки, в среднем- 0,39 м/сут.

ИГЭ-4х (tQIVnm) [8]. Песок средней плотности, пылеватый, водонасыщенный. Мощность 2,2 – 10,6 м.

Нормативное значение природной влажности 20,8 %; плотности грунта природного сложения 2,06 т/м3; коэффициента пористости 0,648, степени влажности 0,90.

Содержание частиц размером более 0,1 мм – 71,3 %.

По обобщенным данным гранулометрического состава пески ИГЭ-4х согласно ГОСТ 25100-2011 неоднородные, по степени морозной пучинистости - непучинистые.

Согласно табл. Б.10 ГОСТ 25100-2020 грунт классифицируется как песок средней плотности.

Модуль деформации по результатам компрессионных испытаний грунта в водонасыщенном состоянии, рассчитанный в интервале нагрузок 0,1-0,2 МПа, изменяется от 11,1 до 15,0 МПа, и в среднем составляет 13,1 МПа.

Модуль деформации по результатам испытаний грунтов статическими нагрузками трехосного сжатия в природном состоянии, рассчитанный в интервале нагрузок 0,1-0,2 МПа, изменяется от 12,7 до 22,1 МПа, и в среднем составляет 16,9 МПа.

Нормативные значения прочностных характеристик, определенные по данным лабораторных испытаний грунта в водонасыщенном состоянии методом консолидированного среза (ГОСТ 12248-2010), составляют: угол внутреннего трения 49°, удельное сцепление - 2 кПа.

Нормативные значения прочностных характеристик, определенные по данным лабораторных испытаний грунта в природном состоянии методом неконсолидированного среза (ГОСТ 12248-2010), составляют: угол внутреннего трения 47°, удельное сцепление - 3 кПа.

Нормативные значения прочностных характеристик, определенные методом трехосного сжатия в водонасыщенном состоянии методом консолидированного среза (ГОСТ 12248-2010), составляют: угол внутреннего трения 31°, удельное сцепление – 3 кПа.

Плотность песка в рыхлом состоянии изменяется от 1,31 до 1,50 г/см3, коэффициент фильтрации - от 1,45 до 3,93 м/сутки. Среднее значение коэффициента фильтрации 2,73 м/сут.

Плотность песка в уплотненном состоянии изменяется от 1,62 до 1,73 г/см3, коэффициент фильтрации - от 0,17 до 0,83 м/сутки, в среднем - 0,59 м/сут.

ИГЭ-5х (tQIVnm) [9]. Супесь пластичная, песчанистая. Мощность 3,9 – 25,5 м.

Нормативное значение природной влажности 19,5 %, плотности 2,11 г/см3, числа пластичности 4,5%, показателя текучести 0,36, коэффициента пористости 0,636 д.ед., степени влажности 0,88 д.ед. Масса частиц диаметром размером 2-0,05 мм составляет 79,1%.

По данным гранулометрического состава супеси ИГЭ-5х - неоднородные.

Модуль деформации по результатам компрессионных испытаний грунта в водонасыщенном состоянии, рассчитанный под нагрузками 0,1-1,5 МПа, изменяется от 9,2 до 65,1 МПа.

Модуль деформации по результатам испытаний грунтов статическими нагрузками трехосного сжатия выполненный консолидировано-дренированным методом испытаний, рассчитанный при заданных нагрузках, в среднем составляет 25,1 МПа.

Нормативные значения прочностных характеристик, определенные по данным лабораторных испытаний грунта в водонасыщенном состоянии методом консолидированного среза (ГОСТ 12248.1-2020), составляют: угол внутреннего трения 42°, удельное сцепление - 9 кПа.

Нормативные значения прочностных характеристик, определенные в приборе трехосного сжатия методом консолидировано-дренированного среза (ГОСТ 12248.3-2020), составляют: угол внутреннего трения 34°, удельное сцепление - 5 кПа.

Нормативные значения прочностных характеристик, определенные в приборе трехосного сжатия методом консолидировано-недренированного среза (ГОСТ 12248.3-2020), составляют: угол внутреннего трения 35°, удельное сцепление - 3 кПа.

Коэффициент фильтрации супеси при удельных нагрузках на грунт 0,3 МПа – 3,04 Е-03 м/сутки, 0,5 МПа – 6,40 Е-0,3 м/сут, 1,0 МПа – 3,25 Е-0,3 м/сут.

ИГЭ-6х (tQIVnm) [9]. Супесь песчанистая, текучая. Мощность 5,2 – 19,7 м.

Нормативное значение природной влажности 23,0 %, плотности 2,08 г/см3, числа пластичности 5,4%, показателя текучести 1,04, коэффициента пористости 0,681 д.ед., степени влажности 0,96 д.ед. Масса частиц диаметром размером 2-0,05 мм составляет 83,0%.

По данным гранулометрического состава супеси ИГЭ-6х - неоднородные.

Модуль деформации по результатам компрессионных испытаний грунта в водонасыщенном состоянии, рассчитанный под нагрузками 0,1-1,5 МПа, изменяется от 11,6 до 83,2 МПа.

Модуль деформации по результатам испытаний грунтов статическими нагрузками трехосного сжатия выполненный консолидировано-дренированным методом испытаний, рассчитанный при заданных нагрузках, в среднем составляет 47,4 МПа.

Нормативные значения прочностных характеристик, определенные по данным лабораторных испытаний грунта в водонасыщенном состоянии методом консолидированного среза (ГОСТ 12248.1-2020), составляют: угол внутреннего трения 44°, удельное сцепление - 10 кПа.

Нормативные значения прочностных характеристик, определенные в приборе трехосного сжатия методом консолидировано-дренированного среза (ГОСТ 12248.3-2020), составляют: угол внутреннего трения 34°, удельное сцепление - 3 кПа.

Нормативные значения прочностных характеристик, определенные в приборе трехосного сжатия методом консолидировано-недренированного среза (ГОСТ 12248.3-2020), составляют: угол внутреннего трения 45°, удельное сцепление - 2 кПа.

Коэффициент фильтрации супеси ИГЭ-6 при удельных нагрузках на грунт 0,3 МПа – 3,86 Е-03 м/сутки, 0,5 МПа – 7,29 Е-0,3 м/сут, 1,0 МПа – 2,45 Е-0,3 м/сут.

ИГЭ-7х (tQIVnm) [8]. Супесь песчанистая, твердая. Мощность 2,9 – 14,5 м.

Нормативное значение природной влажности 15,9%, плотности 2,19 г/см3, числа пластичности 3,5%, показателя текучести 0,47, коэффициента пористости 0,487 д.ед., степени влажности 0,89 д.ед. Масса частиц диаметром размером 2-0,05 мм составляет 88,2%.

По данным гранулометрического состава супеси ИГЭ-7х – неоднородные.

Модуль деформации по результатам компрессионных испытаний грунта в водонасыщенном состоянии, рассчитанный в интервале нагрузок 0,1-0,2 МПа, изменяется от 12,0 до 19,7 МПа, и в среднем составляет 15,7 МПа.

Модуль деформации по результатам испытаний грунтов статическими нагрузками трехосного сжатия в природном состоянии, рассчитанный в интервале нагрузок 0,1-0,2 МПа, изменяется от 19,2 до 55,4 МПа, и в среднем составляет 20,1 МПа.

Нормативные значения прочностных характеристик, определенные по данным лабораторных испытаний грунта в водонасыщенном состоянии методом консолидированного среза (ГОСТ 12248-2010), составляют: угол внутреннего трения 46°, удельное сцепление - 8 кПа.

Нормативные значения прочностных характеристик, определенные по данным лабораторных испытаний грунта в природном состоянии методом неконсолидированного среза (ГОСТ 12248-2010), составляют: угол внутреннего трения 42°, удельное сцепление - 13 кПа.

Нормативные значения прочностных характеристик, определенные методом трехосного сжатия в водонасыщенном состоянии методом консолидированного среза (ГОСТ 12248-2010), составляют: угол внутреннего трения 34°, удельное сцепление – 5 кПа.

Коэффициент фильтрации суглинка по результатам лабораторных испытаний изменяется от 9,83E-04 до 1,15E-02 м/сутки, среднее значение – 6,0E-03 м/сут.

ИГЭ-8х (tQIVnm) [9]. Суглинок легкий, тугопластичный. Мощность 11,5 м.

Нормативное значение природной влажности 23,2 %, плотности 2,06 г/см3, числа пластичности 8,0%, показателя текучести 0,34, коэффициента пористости 0,667 д.ед., степени влажности 0,97 д.ед. Масса частиц диаметром размером 2-0,05 мм составляет 70,0%.

По данным гранулометрического состава суглинки ИГЭ-8х – неоднородные.

Модуль деформации по результатам компрессионных испытаний грунта в водонасыщенном состоянии, рассчитанный под нагрузками 0,1-1,5 МПа, изменяется от 12,2 до 79,0 МПа.

Модуль деформации по результатам испытаний грунтов статическими нагрузками трехосного сжатия выполненный консолидировано-дренированным методом испытаний, рассчитанный при заданных нагрузках, в среднем составляет 27,0 МПа.

Нормативные значения прочностных характеристик, определенные по данным лабораторных испытаний грунта в водонасыщенном состоянии методом консолидированного среза (ГОСТ 12248.1-2020), составляют: угол внутреннего трения 42°, удельное сцепление - 11 кПа.

Нормативные значения прочностных характеристик, определенные в приборе трехосного сжатия методом консолидировано-дренированного среза (ГОСТ 12248.3-2020), составляют: угол внутреннего трения 27°, удельное сцепление - 18 кПа.

Нормативные значения прочностных характеристик, определенные в приборе трехосного сжатия методом консолидировано-недренированного среза (ГОСТ 12248.3-2020), составляют: угол внутреннего трения 31°, удельное сцепление - 10 кПа.

Коэффициент фильтрации суглинка ИГЭ-8 при удельных нагрузках на грунт 0,3 МПа – 1,69 Е-03 м/сутки, 0,5 МПа – 1,30 Е-0,3 м/сут, 1,0 МПа – 6,17 Е-0,3 м/сут.

ИГЭ-9х (tQIVnm) [9]. Суглинок легкий, мягкопластичный. Мощность 1,4 – 5,3 м.

Нормативное значение природной влажности 26,2 %, плотности 2,01 г/см3, числа пластичности 9,5%, показателя текучести 0,64, коэффициента пористости 0,768 д.ед., степени влажности 0,96 д.ед. Масса частиц диаметром размером 2-0,05 мм составляет 62,4%.

По данным гранулометрического состава суглинки ИГЭ-9х - однородные.

Модуль деформации по результатам компрессионных испытаний грунта в водонасыщенном состоянии, рассчитанный под нагрузками 0,1-1,5 МПа, изменяется от 8,4 до 72,8 МПа.

Модуль деформации по результатам испытаний грунтов статическими нагрузками трехосного сжатия выполненный консолидировано-дренированным методом испытаний, рассчитанный при заданных нагрузках, в среднем составляет 21,6 МПа.

Нормативные значения прочностных характеристик, определенные по данным лабораторных испытаний грунта в водонасыщенном состоянии методом консолидированного среза (ГОСТ 12248.1-2020), составляют: угол внутреннего трения 42°, удельное сцепление - 4 кПа.

Нормативные значения прочностных характеристик, определенные в приборе трехосного сжатия методом консолидировано-дренированного среза (ГОСТ 12248.3-2020), составляют: угол внутреннего трения 34°, удельное сцепление - 7 кПа.

Нормативные значения прочностных характеристик, определенные в приборе трехосного сжатия методом консолидировано-недренированного среза (ГОСТ 12248.3-2020), составляют: угол внутреннего трения 41°, удельное сцепление - 4 кПа.

Коэффициент фильтрации суглинка ИГЭ-9 при удельных нагрузках на грунт 0,3 МПа – 3,88 Е-03 м/сутки, 0,5 МПа – 5,02 Е-0,3 м/сут, 1,0 МПа – 5,86 Е-0,3 м/сут.

ИГЭ-10х (tQIVnm) [8]. Суглинок легкий, текучепластичный. Мощность 1,8 – 5,9 м.

Нормативное значение природной влажности 29,4 %, плотности 1,98 г/см3, числа пластичности 9,3%, показателя текучести 0,89, коэффициента пористости 0,841 д.ед., степени влажности 0,99 д.ед. Масса частиц диаметром размером 2-0,05 мм составляет 53,7%.

По данным гранулометрического состава суглинки ИГЭ-10х - однородные.

Модуль деформации по результатам компрессионных испытаний грунта в водонасыщенном состоянии, рассчитанный под нагрузками 0,1-1,5 МПа, изменяется от 8,9 до 82,5 МПа.

Модуль деформации по результатам испытаний грунтов статическими нагрузками трехосного сжатия выполненный консолидировано-дренированным методом испытаний, рассчитанный при заданных нагрузках, в среднем составляет 38,2 МПа.

Нормативные значения прочностных характеристик, определенные по данным лабораторных испытаний грунта в водонасыщенном состоянии методом консолидированного

среза (ГОСТ 12248.1-2020), составляют: угол внутреннего трения 42°, удельное сцепление - 10 кПа.

Нормативные значения прочностных характеристик, определенные в приборе трехосного сжатия методом консолидировано-дренированного среза (ГОСТ 12248.3-2020), составляют: угол внутреннего трения 29°, удельное сцепление - 10 кПа.

Нормативные значения прочностных характеристик, определенные в приборе трехосного сжатия методом консолидировано-недренированного среза (ГОСТ 12248.3-2020), составляют: угол внутреннего трения 39°, удельное сцепление - 5 кПа.

Коэффициент фильтрации суглинка ИГЭ-10 при удельных нагрузках на грунт 0,3 МПа – 6,65 Е-03 м/сутки, 0,5 МПа – 3,30 Е-0,3 м/сут, 1,0 МПа – 5,08 Е-0,3 м/сут.

По результатам химических анализов согласно классификации Щугарева С.Н. фильтрационные воды отмечены во всех скважинах относятся к сульфатно-гидрокарбонатно-кальциевому составу, с сухим остатком 1025,0-2650,0 г/дм3, pH 7,45-7,58.

Фильтрационные воды техногенных отложений по отношению:

- к бетонам марок и видов цемента W4-W8 и к арматуре железобетонных конструкций на портландцементе по ГОСТ 10178-85 – сильноагрессивные;

- к бетонам марок и видов цемента W10-W14 и к арматуре железобетонных конструкций на портландцементе по ГОСТ 10178-85 – среднеагрессивные;

- к бетонам марок и видов цемента W16-W20 и к арматуре железобетонных конструкций на портландцементе по ГОСТ 10178-85 – слабоагрессивные;

- к бетонам всех марок и всех видов цемента и к арматуре железобетонных конструкций на портландцементе по ГОСТ 10178-85 с добавками и на сульфатостойкие цементы по ГОСТ 22266-85 - агрессивными свойствами не обладают, за исключением скв. 4, там к бетонам марок и видов цемента W4-W8 и к арматуре железобетонных конструкций на портландцементе по ГОСТ 10178-85 с добавками – слабоагрессивная.

В соответствии с нормативным документом СНиП II-7-81* «Строительство в сейсмических районах», расчетная сейсмичность площадки составляет 8 баллов с учетом табл.1, 5, и Приложений 1 и 2.

3 СОСТАВ СУЩЕСТВУЮЩИХ И ПРОЕКТИРУЕМЫХ СООРУЖЕНИЙ ХВОСТОВОГО ХОЗЯЙСТВА

В состав сооружений хвостового хозяйства, оборотного и технического водоснабжения медно-пиритного хвостохранилища входят:

1. Сооружения гидравлического транспорта и укладки хвостов.

Складирование хвостов осуществляется в действующее хвостохранилище, образованное естественным рельефом и намывной дамбой в долине ручья Болис-Хеви.

Сооружения гидравлического транспорта хвостов включают:

– Существующие насосные установки I и II ступени в главном корпусе ОФ. I и II ступени оснащены насосами ГрАТ 1800/67. Всего – две «спарки» насосов», одна «спарка» насосов – рабочая, вторая – резервная.

– Строящаяся подкачивающая пульпонасосная станция, стационарно устанавливаемой на берме 37го яруса. В настоящее время (апрель 2024 г) подача хвостов на гребень дамбы обвалования 38го яруса с отметкой 868,00 м и намыв пляжа осуществляется с помощью подкачивающего насоса ГрАТ 1800/67, временно установленного на левой нитке пульповода, на гребне дамбы 37о яруса с отм. 860,0 м.

– Трассы магистральных пульповодов из стальных футерованных и полиэтиленовых труб DN400 в две нитки (одна – рабочая, одна – резервная), проложенных надземным способом на железобетонных подкладках от главного корпуса ОФ до намывной дамбы существующего 38го яруса намыва; протяженность трассы ~2,62 км.

– Намывная дамба медно-пиритового хвостохранилища, образованная пионерной дамбой (отм. гребня 698,00 м) с последующим наращиванием путем отсыпки дамб обвалования из привозного грунта с экраном из хвостов и поярусного намыва хвостов; общая высота намывной дамбы к апрелю 2024 г. ~185,0 м.

– Проектируемая дамба обвалования 39го яруса хвостохранилища с отм. гребня 876,0 м.

– Распределительные пульповоды из полиэтиленовых труб DN400 (правая и левая нитки), проложенные по гребню дамбы обвалования 38го яруса намыва на железобетонных подкладках, и оборудованных через 12 метров намывными выпусками DN100 со шланговыми затворами 33а17р (DN100, PN6) и полиэтиленовыми трубами SDR21 125х6 мм.

2. Система оборотного водоснабжения.

К водоотводным сооружениям и сооружениям оборотного водоснабжения относятся:

– Две плавучие насосные станции оборотной воды (одна – рабочая, вторая – резервная), оборудованные двумя насосами ЦН 400-105 (3В200х2) каждая, для подачи оборотной воды из отстойного пруда хвостохранилища в резервуар оборотной воды медно-пиритной секции;

– Водовод оборотной воды из полиэтиленовых труб DN400. В настоящее время водовод проложен по левому борту хвостохранилища на отметках ~864,0-870,0 м. По мере роста уровня намытых хвостов и горизонта воды в отстойном пруде, планируется выполнить перекладку водовода на более высокие отметки естественного борта долины согласно рабочей документации шифр 09-03-236-ГР.

3. Система дренажных сооружений.

Дренажные сооружения включают:

– дренажные канавы по бортам намывной дамбы и с низовой стороны дамб обвалования;

– емкость для сбора дренажных вод за пионерной дамбой;

– насосные станции дренажных вод, установленные у подошвы ограждающей дамбы и на низовом откосе ограждающей дамбы;

– дренажные водоводы возврата дренажных вод в хвостохранилище DN150.

4. Контрольно-измерительная аппаратура.

В состав контрольно-измерительной аппаратуры (КИА) входят:

1. Пьезометры для наблюдения за уровнями кривой депрессии в теле ограждающей дамбы – 55 существующих пьезометров и 4 проектируемых пьезометра на берме 38го яруса. В настоящее время наблюдения за фильтрационными водами ведутся по четырем пьезометрическим створам.

2. Поверхностные марки – репера для замеров осадок и смещений. Репера расположены в контрольных створах, рядом с пьезометрами – 45 существующих репера и 3 проектируемых репера на берме 38го яруса.

3. Опорный репер – 1 шт.

4. Водомерные рейки – для контроля уровня воды. Устанавливаются в отстойном прудке, в дренажной емкости.

Схема расположения существующей КИА приведена в Приложении Д.

Схема сооружений хвостового хозяйства приведена на листе 1 комплекта чертежей 09-04-235-ГР.

4 СИСТЕМА ГИДРОТРАНСПОРТА ОТВАЛЬНЫХ ХВОСТОВ

4.1 Характеристика сооружений гидротранспорта хвостов

Система гидротранспорта хвостов обогащения медной руды включает в себя хвостовые зумпфы медно-пиритной секции, пульпонасосную станцию в составе двух «спарок» насосных установок (рабочая и резервная), две нитки магистральных и распределительных пульповодов DN400 (рабочая и резервная) и строящуюся в настоящее время (апрель 2024 года) подкачивающую пульпонасосную станцию на 37м ярусе хвостохранилища с отм. 860,0 м.

Хвосты и все технологические стоки поступают в зумпфы, размещенные в главном корпусе ОФ, затем рабочей «спаркой» грунтовых насосов подаются на хвостохранилище. В каждой «спарке» работают два электронасосных агрегата ГрАТ 1800/67. От главного корпуса ОФ до намывной дамбы магистральные и распределительные пульповоды из стальных футерованных и полиэтиленовых труб проложены надземным способом на железобетонных подкладках. На момент разработки проекта ведется намыв пляжа на 38 ярусе с отметки гребня дамбы обвалования 868,00 м. Протяженность магистральных пульповодов составляет 2,62 км, левой и правой распределительных ниток – около 772 м и 285 м соответственно.

После возведения 39го яруса протяженность магистральных пульповодов будет составлять около 2,67 км, левой и правой распределительных ниток – 768 м и 345 м соответственно.

До достижения гребня ограждающей дамбы отметки 860,0 м (37й ярус) подача хвостов и намывные работы обеспечивались спаркой насосов ГрАТ 1800/67 с рабочими колесами 930 мм, установленными в пульпонасосной станции на промплощадке ОФ. Однако, практика эксплуатации системы гидротранспорта показала необходимость создания дополнительного напора в системе для ведения намыва на последующих ярусах, что также подтверждено расчетами гидротранспорта (09-04-205-ПЭХХ).

Рабочая документация (шифр 09-03-217) на строительство подкачивающей пульпонасосной станции (ППНС), стационарно устанавливаемой на берме 37го яруса, разработана ООО «Мигруп Проект» в 2023 г. В настоящее время (апрель 2024 г) на площадке ведутся работы по строительству ППНС, подача хвостов на гребень дамбы обвалования 38го яруса с отметкой 868,00 м и намыв пляжа осуществляется с помощью подкачивающего насоса ГрАТ 1800/67, временно установленного на левой нитке пульповода, на гребне дамбы 37о яруса с отм. 860,0 м.

Подкачивающая пульпонасосная станция состоит из двух станций (ППНС №1 и ППНС №2), расположенных на трассе магистральных пульповодов, на левой и правой нитках соответственно. В ППНС №1 и №2 устанавливаются насосы ГрАТ 1800/67 с

электродвигателями 200 кВт третьей ступени гидротранспорта хвостов, аналогичные насосам ПНС на промплощадке ОФ.

Отметке 0.000 зданий ППНС №1 и №2 соответствует абсолютная отметка 860,150 м. ППНС №1 и №2 возводятся на насыпи на территории пляжной зоны 37го яруса.

В настоящем проекте выполнен поверочный расчет системы гидротранспорта при подаче хвостов на 39 ярус с отметкой дамбы обвалования 876,00 м, для проверки возможности подачи отвальных хвостов на проектные отметки.

Исходные данные приняты по Техническому заданию на выполнение рабочей документации по объекту «39-й ярус ограждающей дамбы медно-пиритового хвостохранилища Маднеульского ГОКа» (Приложение А), п 2.1, пп. 2.

Гидравлические расчеты выполнены в соответствии с исходными технологическими данными по расходу и консистенции хвостовой пульпы, характеристикам хвостов, а также с учетом существующих и строящихся сооружений системы гидротранспорта.

4.2 РАСЧЕТ ГИДРОТРАНСПОРТА ХВОСТОВ

4.2.1 Исходные данные

Расчеты гидротранспорта выполнены для характеристик пульпы, заданных в качестве исходных данных в Техническом задании на проектирование.

- выход отвальных хвостов: 3 000 000 т/год (343 т/ч);
- консистенция хвостовой пульпы Т:Ж (по весу): 23:77;
- количество воды с хвостами: 10 000 000 м^3/год (1 142 м3/ч);
- расход хвостовой пульпы: 11 111 000 м^3/год (1 268 м3/ч);
- плотность хвостовой пульпы: 1,17 т/м^3;
- удельный вес частиц: 2,60-2,80 т/м^3;
- гранулометрический состав хвостов:

+0.200	0,60 %
-0.200+0.140	4,25 %
-0.140+0.100	7,1 %
-0.100+0.071	7,8 %
-0.071+0.044	9,35 %
-0.044+0,032	5,1 %
-0,032+0,016	13,75 %
-0,016+0,008	24,5 %
- 0,008+0	27,55 %

4.2.2 Расчетные данные и результаты расчета гидротранспорта

Для расчета гидравлических и технических параметров транспортирования хвостов применена методика, разработанная Институтом гидромеханики АН Украины (В.М. Карасик, Ю.К. Витошкин). Данная методика применена на основании «Пособия по

проектированию гидравлического транспорта (к СНиП 2.05.07-85)», Всесоюзный проектный и научно-исследовательский институт промышленного транспорта («Промтрансниипроект») Госстроя СССР, Москва, Стройиздат, 1988, утверждена приказом «Союзпромтрансниипроекта» №67 от 28.03.1986 г. На основе данной методики запроектированы и успешно работают десятки гидротранспортных систем. Результаты расчетов по указанной методике многократно сравнивались с фактическими данными и с другими методиками: НИИСП Госстроя Украины РСН 275-75 (с поправкой А.П. Юфина), ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева (инструкция П59-72), проф. А.Е. Смолдырева, проф. В.С. Кнороза и П.Д. Евдокимова (институт «Механобр»). Методика ИГМ АН Украины даёт наиболее достоверные результаты.

Важнейшим параметром при проведении расчетов систем гидротранспорта является гранулометрический состав транспортируемого материала. Гранулометрический состав хвостов характеризуется средневзвешенной крупностью. Гидравлические расчеты выполнены на основании заданных в Техническом задании на проектирование данных о гранулометрическом составе хвостов.

Для проведения гидравлических расчетов исходный гранулометрический состав распределен на 11 фракций и представлен в таблице 4.2.2.1.

Таблица 4.2.2.1 – Гранулометрический состав хвостов с dср.=0,039 мм

0,28	0,20	0,14	0,10	0,071	0,044	0,032	0,016	0,012	0,008	0,004	Верхняя граница	
0,20	0,14	0,10	0,071	0,044	0,032	0,016	0,012	0,008	0,004	0,001	Нижняя граница	
0,60	4,25	7,10	7,80	9,35	5,10	13,75	13,50	11,00	10,30	17,25	%	100

Расчеты выполнены при подаче в хвостохранилище всего объема пульпы с технологической весовой плотностью по одной (рабочей) нитке магистральных и распределительных пульповодов. Расчеты выполнены с учётом шероховатости стенок трубопровода, по основному критерию определения оптимальных параметров транспортирования гидросмеси – «по критической скорости».

Исходные и расчетные данные гидротранспорта хвостов при подаче расчетного объема по одной (рабочей) нитке пульповода DN400 приведены в таблице 4.2.2.2.

Таблица 4.2.2.2 – Исходные и расчетные данные гидротранспорта хвостов при подаче расчетного объема по одному рабочему пульповоду DN400

№ п/п	Наименование	Ед. изм.	Количество
1	Расход пульпы $Q_п$	$м^3$/час	1268
		$м^3$/с	0,352
2	Т:Ж по весу	-	1:3,33
3	Диаметр пульповода	мм	426×10

№ п/п	Наименование	Ед. изм.	Количество
	Критический диаметр	м	0,494
	Критическая скорость	м/с	1,882
	Фактическая скорость	м/с	2,719
	Удельные потери напора	м.в.ст./м	0,01726
	Режим работы пульповода	—	Без заиления
	Расчетный гидравлический уклон (удельные потери напора с коэфф. К=1,1)	м.в.ст./м	0,0190
4	**ПНС – ППНС**		
4.1	Длина трассы магистральных пульповодов	м	2565
4.2	Потери напора по длине транспортирования	м	48,74
4.3	Отметка оси насоса ПНС	м	735,50
4.4	Отметка оси насоса ППНС	м	861,43
4.5	Геометрический перепад	м	125,93
4.6	Местные потери напора в ПНС	м	5,0
4.7	Необходимый напор, развиваемый в ПНС	м	179,7
4.8	Напор, развиваемый насосами ПНС	м	190,0
4.9	Остаточный напор в ППНС	м	10,3
5	**ППНС - хвостохранилище**		
5.1	Длина трассы пульповодов, в т.ч.: - магистральные; - распределительные (с учетом длины С.С.)	м м м	930 92 838 (лев.нитка)
5.2	Потери напора по длине транспортирования	м	17,67
5.3	Отметка оси насоса ППНС	м	861,43
5.4	Отметка верха пульповода, прокладываемого по гребню дамбы	м	876,60
5.5	Геометрический перепад	м	15,17
5.6	Местные потери напора в ППНС	м	5,0
5.7	Необходимый напор, развиваемый в ППНС	м	27,6

Выводы:

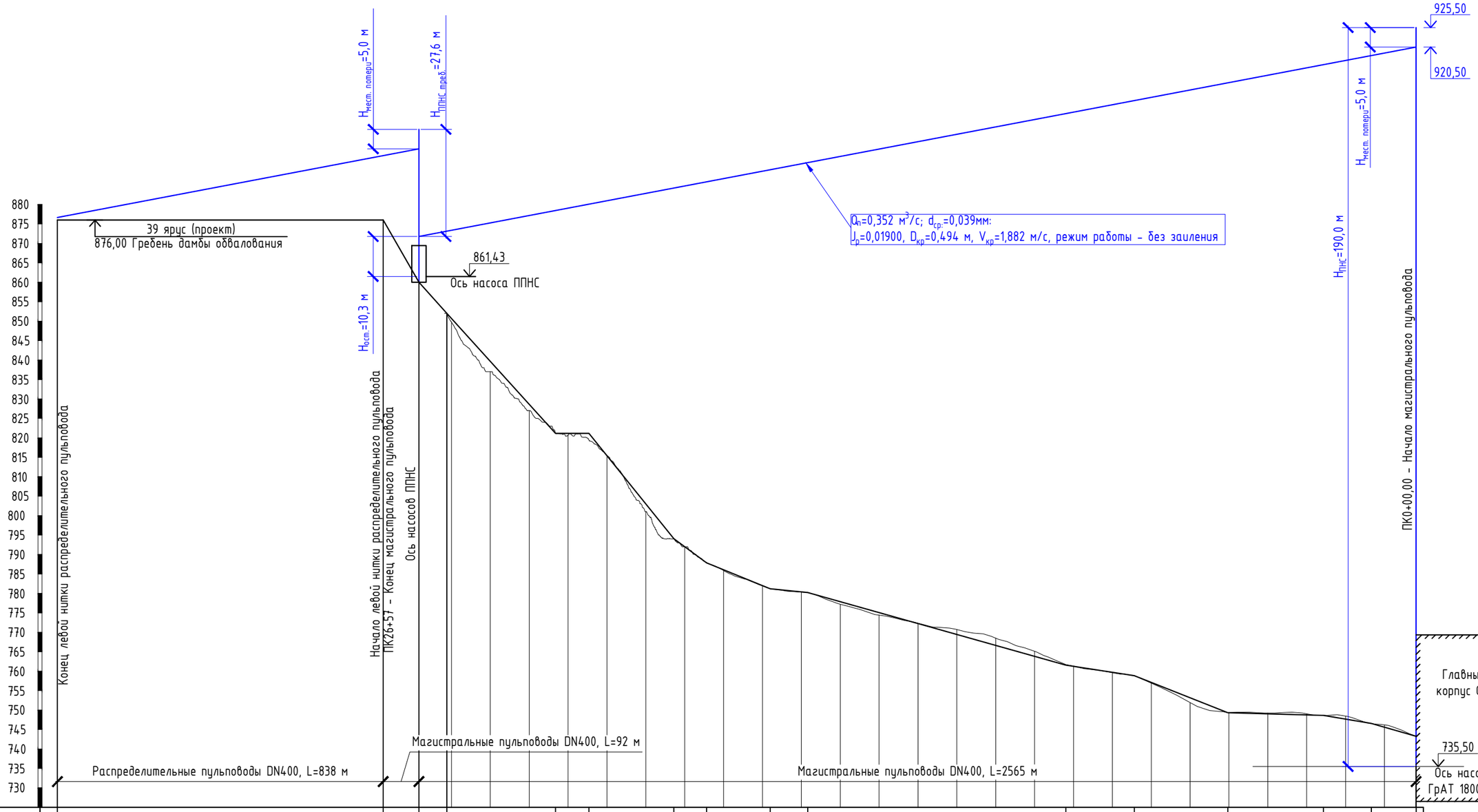
Как видно из результатов расчета, потери напора по длине трубопровода составляют 19,0 м/км. Пульповоды работают в режиме «без заиления».

Напор насосного оборудования ПНС, требуемый для подачи пульпы в ППНС, составляет 18 атм. Насосное оборудование, функционирующее в настоящий момент на ОФ («спарка» насосов ГрАТ 1800/67 с рабочими колесами диаметром 930 мм, установленных последовательно в две ступени), обеспечивает напор около 19 атм. и подачу пульпы в ППНС с остаточным напором ~10 м.

Напор насосного оборудования ППНС, требуемый для подачи пульпы на отдаленные пикеты распределительных пульповодов, составляет около 28 м. Насосное оборудование ППНС (насосы ГрАТ 1800/67 с электродвигателями 200 кВт) при транспортировании гидросмеси с заданными характеристиками способно развить максимальный напор около 35-40 м и обеспечивает подачу пульпы на отметку гребня проектируемой дамбы обвалования 39го яруса (876,00 м).

Гидравлическая схема подачи хвостов до конечной отметки 876,00 м при заданных расходах пульпы и гранулометрическом составе хвостов представлена на рисунке 4.2.2.1.

Рисунок 4.2.2.1 – Гидравлическая схема подачи хвостов до конечной отметки 876,00 м



| | | |

5 ГИДРАВЛИЧЕСКАЯ УКЛАДКА ХВОСТОВ

5.1 Характеристика сооружений укладки хвостов

5.1.1 Существующее состояние намывной ограждающей дамбы хвостохранилища и конструктивные решения по возведению дамбы обвалования 39го яруса

Хвостохранилище по способу заполнения – намывного типа. Схема возведения намывной дамбы предусматривает односторонний намыв хвостовой пульпы со свободно формируемым верховым откосом и дамбами обвалования на низовом откосе. Интенсивность намыва хвостов переменная, в настоящее время составляет около 4,0-4,5 м/год.

По состоянию на апрель 2024 г. проектная максимальная высота хвостохранилища в центральной части составляет 185 м (по ограждающей дамбе 38 яруса с отметкой гребня 868 м), площадь хвостохранилища на конечной отметке 868,0 м составляет около 500 тыс. м². Отметка воды в хвостохранилище – 858,10 м (по топосъемке от января 2024 г.), отметки гребня ограждающей дамбы 38 яруса – 868,0 м. Общая длина дамбы 38 яруса – около 1100 м. Средняя длина пляжа намывной дамбы – 250-350 м; уклоны пляжа – от 1:250 до 1:350.

Генеральное заложение низового откоса центральной части дамбы – 1:4 (до отметки 748,5) и далее по высоте – 1:6, боковой части дамбы – 1:4 (до отметки 836) и далее по высоте – 1:6.

Последние 7 ярусов наращивания, начиная с 32-го яруса, выполнялись с шагом 8,0 м по высоте (из расчета складирования не менее 2-х лет при выходе хвостов 2,5-3,0 млн. тонн в год), дамбы отсыпались на пляже с отступом вглубь хвостохранилища таким образом, чтобы генеральный уклон низового откоса сохранялся 1:6. Проектируемый 39-й ярус дамбы обвалования предлагается возводить аналогично, сохраняя геометрию ограждающей дамбы.

Ограждающие дамбы отсыпаются на намытый пляж из местного скального грунта с экраном из хвостов. Ширина дамб обвалования по гребню – 10 м, высота дамб – 8 м (32-38 ярусы). Вглубь хвостохранилища с шагом 140 м отсыпаются дрены и насыпи под сосредоточенные сбросы из гравийно-галечникового грунта.

Конструкция проектируемой ограждающей дамбы 39 яруса аналогична конструкции 38 яруса, приведена на чертежах 09-04-235-ГР.

Привязка оси проектируемой дамбы 39 яруса к фактической оси существующей дамбы 38 яруса условно принята равной 50,0 м. Средняя отметка намывного пляжа у верхового откоса дамбы обвалования 38 яруса для начала отсыпки дамбы 39 яруса принята равной 867,0 м, уточняется при производстве работ.

Отметка гребня ограждающей дамбы 39 яруса – 876,0 м, ширина гребня дамбы – 10 м, заложение откосов: низового – 1:1, верхового – 1:2,5. Общая длина дамбы 39 яруса – 1152,73 м.

Проектом предусмотрены въезды на гребень дамбы 39 яруса. На гребне предусмотрены автопроезд с креплением проезжей части слоем щебня б=0,15 м и разворотные площадки.

Дамба выполняется механизированным способом из скальных грунтов слоями 0,50 м с уплотнением до Yск=1,75 т/м^3. На верховом откосе дамбы (со стороны хвостохранилища) по всей длине дамбы предусмотрен экран из хвостов.

Для отсыпки проектируемой дамбы используются:

- местный скальный грунт (туфобрекчии крупностью не более 300 мм);
- местный базальтовый грунт;
- хвосты (для экрана дамбы);
- гравийно-галечниковый грунт (для дрен).

Грунты, используемые для строительства, разрабатываются в карьерах. Хвосты для экрана дамбы отбираются по возможности с пляжа действующего хвостохранилища или доставляются автотранспортом из баритового хвостохранилища. Срезка хвостов пляжной зоны должна выполняться равномерно, без образования ям и участков с обратным уклоном в сторону дамбы.

Дамба отсыпается из скального грунта (туфобрекчии) с дренажными вставками из базальтового грунта длиной 8,0 м с шагом 70 м (14 участков). Базальтовые вставки должны находиться в единых створах по всем ярусам предыдущих дамб обвалования.

Также предусмотрена отсыпка вглубь хвостохранилища дрен из гравийно-галечникового грунта с шагом 140 м (5 шт.). Отметка гребня дрен 871 м, ширина по гребню – 6,0 м, заложение откосов 1:1.

Под сосредоточенные и аварийные сбросы предусматривается отсыпка пирсов. Всего – 4 шт., в т.ч. 2 шт. под торцевые сбросы, 1 шт. – под сосредоточенный сброс (ПК4+00) по левой нитке распределительных пульповодов и 1 шт. – под аварийные сбросы, подающие хвостовую пульпу напрямую в хвостохранилище без подкачки.

Строительство дамбы 39 яруса выполняется в условиях действующего предприятия и непрерывного складирования хвостов намывным способом. Фронт намыва состоит из трех участков, границы которых привязаны к существующим сосредоточенным сбросам распределительного пульповода.

Для строительства дамбы 39 яруса рекомендуется выполнить проект производства работ (ППР), который разрабатывается строительной организацией на основании рабочей документации по дамбе и имеющегося парка строительных машин.

Для выполнения работ также рекомендуется составить календарный график работ, в котором продолжительность строительства дамбы на каждом участке, включая демонтаж и монтаж распределительного пульповода при его перекладке, должны быть календарно увязаны с продолжительностью намывных работ на других (соседних) участках.

Календарный график позволит определить требуемую интенсивность отсыпки дамбы обвалования и количество необходимого автотранспорта и др. строительных машин.

В календарном графике должны быть учтены перерывы между окончанием намыва на участке и началом отсыпки дамбы продолжительностью не менее 25-30 суток, которые необходимы для уплотнения (частичной консолидации) намытых хвостов пляжной зоны.

Для строительства дамбы предлагается следующий порядок работы:

- уточняются карьеры грунтов для отсыпки дамбы;
- производится вынос разбивочной оси и разметка на пляже габарита основания дамбы;
- после окончания намыва и просушки пляжа производится отсыпка «грунтовой подушки»;
- производится отсыпка дамбы с уплотнением и с учетом ее конструктивных особенностей.

Скальный грунт отсыпается с опережением по высоте слоя отсыпки экрана из хвостов. Отсыпка последующего слоя допускается только после разравнивания и уплотнения нижележащего слоя грунта до требуемой плотности.

В процессе работ по строительству дамбы обязательно ведение технической документации с составлением актов освидетельствования скрытых работ и оперативного текущего контроля.

5.1.2 Распределительные пульповоды

На гребне дамбы на железобетонных опорах проложен распределительный пульповод DN400. Намыв хвостов производится с гребня дамбы обвалования через оборудованные с шагом 10-12 метров намывные выпуски DN100 со шланговыми затворами 33а17р (DN100, PN6).

Транспортирование хвостовой пульпы ведется по одной рабочей нитке магистральных пульповодов DN400, вторая нитка – резервная.

Правая и левая нитки распределительного пульповода заканчиваются торцевыми сбросами DN400 длиной 77 м и 70 м соответственно. По длине левой нитки также предусмотрен сосредоточенный сброс DN400 длиной 70 м.

В аварийном режиме возможно осуществлять сброс пульпы в хвостохранилище напрямую без подкачки.

Рабочей документацией 09-04-235-ГР предусмотрены демонтаж и перекладка трубопроводов, ж/б подкладок и запорной арматуры с гребня 38го яруса и частичный ввод новых материалов и оборудования в связи с износом. Объемы материалов и оборудования надлежащего качества, пригодных для дальнейшего использования после перекладки на 39й ярус, на данной стадии принят равным 70%, уточняется в процессе производства работ.

5.2 Основные положения по укладке хвостов

Т.к. в настоящее время (апрель 2024 г.) заполнение емкости 38го яруса ведется четыре-пять месяцев, то расчет емкости хвостохранилища, представленный ниже, выполнен в предположении, что к моменту строительства 39го яруса основные показатели хвостохранилища достигнут следующих значений:

– средняя отметка гребня пляжа по проекции оси проектируемого 39го яруса – 867,0 м;

– длина надводного пляжа ~200 м;

– уровень воды в отстойном пруду – 866,0 м;

– площадь зеркала пруда – 250 тыс. м^2;

– средняя глубина пруда ~3,0 м.

Таким образом, можно ожидать, что после возведения 39-го яруса полная остаточная емкость хвостохранилища на отм. 876,0 м составит около 5,628 млн. м^3. Полезный объем, занимаемый хвостами, составит около 4,221 млн. м^3:

$$V_{\text{хв.}} = V_{\text{полн.}} \cdot n = 5{,}628 \cdot 0{,}75 = 4{,}221 \text{ млн. м}^3,$$

где n – коэффициент заполнения хвостохранилища, учитывающий конфигурацию хвостохранилища в плане, способ намыва, объем пруда и допустимую разницу между отм. гребня и отм. намытых хвостов.

Годовой объем укладываемых хвостов, время заполнения емкости 39-го яруса и интенсивность ведения намывных работ приведена в таблице 5.2.1.

Таблица 5.2.1 – Параметры намыва 39го яруса хвостохранилища

	при выходе хвостов 3,0 млн. тонн в год
Годовой объем укладываемых хвостов, млн. м^3 (при плотности хвостовых отложений 1,5 т/м^3)	2,000
Время заполнения емкости 39-го яруса, лет	2,1 года (2 года 1 месяц)
Интенсивность ведения намывных работ, м/год	4,2–3,6

Таким образом, емкость, образованная 39-м ярусом дамбы обвалования, обеспечит прием отвальных хвостов на протяжении следующих 2 лет 1 месяца – при выходе 3,0 млн. тонн хвостов в год.

По окончании складирования хвостов в емкость, образованную дамбой 38го яруса, следует выполнить топосъемку хвостохранилища, в том числе промеры глубин отстойного пруда, уточнить расчет полезного объема и время заполнения емкости 39го яруса.

При складировании хвостов в разрезе года с послойным намывом пляжа должны соблюдаться требования по безопасной эксплуатации хвостохранилища – поддерживание ширины пляжа не менее 200 м и перепада надводного пляжа у верхового откоса дамбы

обвалования над горизонтом воды в пруде не менее 1,5 м (превышение отметки гребня дамбы обвалования над горизонтом воды отстойного пруда должно быть не менее 2,0 м).

Технология складирования хвостов в хвостохранилище предусматривает круглогодичный намыв пляжа ограждающей дамбы. Укладка (намыв) хвостов ведется участками по ходу движения пульпы.

Для упорядочения намывных работ фронт намыва делится на карты. Длина карты намыва зависит от количества одновременно работающих выпусков на распределительном пульповоде, требуемых для намыва слоя хвостов. Количество одновременно работающих выпусков определяется расчетом в зависимости от расхода пульпы, диаметра выпуска, гидравлического уклона транспортирования и расстояния от места намыва до сосредоточенного сброса.

В соответствии с результатами расчета (Приложение Б), при заданных параметрах хвостовой пульпы, количество одновременно работающих намывных выпусков составляет 18 шт. Длина карты намыва должна составлять 216 м.

Скорость передвижения карты намыва определяется высотой слоя намыва хвостов, принятой в проекте 0,5 м. Время намыва одной карты составляет 12 суток.

Как было определено ранее, дамба обвалования 39го яруса обеспечит складирование хвостов в течение 2,1 лет. Фронт намыва составляет 1,15 км. Продолжительность намыва каждого слоя высотой 0,5 м будет составлять в среднем около 64 суток.

При намыве хвостов должны соблюдаться следующие требования:

— передвижение участка намыва следует производить закрытием и открытием выпусков в направлении движения пульпы по 3 выпуска за один раз, через каждые двое суток; производить намыв против движения пульпы не разрешается, т.к. намытые ранее хвосты будут размываться шламистой частью пульпы и уноситься в пруд;

— намыв участка необходимо производить слоем не более 0,5 м за одну проходку;

— время намыва на одном участке уточняется опытным путем в зависимости от фактической интенсивности намыва;

— при включении пульповода в работу всегда должен быть открыт сосредоточенный или торцевой выпуск, расположенный за участком намыва;

— во избежание размыва откосов дамбы концы распределительных выпусков должны находиться на расстоянии не менее 5,0 метров от низового откоса дамбы, высота опор под выпуски должна быть выше годового слоя намыва;

— для исключения пониженных участков пляжной зоны намыв хвостов предлагается проводить равномерно с достижением одинаковых отметок намыва по всей длине дамбы;

— для проведения наблюдения за намывом необходимо на пляже устанавливать створные знаки (вешки) высотой 3,0 м (заглубление 1,5 м); установка знаков производится по нивелиру; на вешках выполняются метки (поперечины) через 0,5 м.

С целью обеспечения равномерности намыва необходимо:

— регулируя задвижкой, добиваться одинакового расхода пульпы через каждый выпуск (визуально);

— ежемесячно проводить маркшейдерскую съемку участка намывного пляжа;

— еженедельно отбирать пробы хвостов на выходе из главного корпуса, в каждом четвертом распределительном выпуске и концевом выпуске. В отобранных пробах следует определять плотность пульпы и гранулометрический состав хвостов и, опираясь на их анализ, производить корректировку количества одновременно работающих выпусков и времени намыва каждого участка;

— перед началом намывных работ необходимо очищать распределительные выпуски от хвостов и проводить ревизию задвижек;

— при необходимости произвести рихтовку пульповода на основании маркшейдерской съемки;

— укомплектовать все распределительные выпуски затворами и рукавами;

— намывные работы производить в соответствии с ежегодным графиком производства работ, утвержденным исполнительным директором предприятия.

5.3 Регламент ведения намывных работ по годам эксплуатации

В таблице 5.3.1 представлены расчетные значения отметок намывного пляжа и уровней воды отстойного пруда по годам эксплуатации при годовом выходе хвостов 3,0 млн. тонн в год.

Расчет параметров намыва 39го яруса выполнен на основании аналогичного расчета для 38го яруса, приведенного в Проекте эксплуатации 2023го года (шифр 09-04-205-ПЭХХ), согласно которому складирование в емкость 38го яруса заканчивается в феврале 2026 г. При этом, ожидаемая отм. гребня намытых хвостов будет составлять 867,5 м. Уровень воды в отстойном пруду задан максимально допустимым, равным 866,0 м.

По окончании складирования хвостов в емкость, образованную дамбой 38го яруса, следует выполнить топосъемку хвостохранилища, в том числе промеры глубин отстойного пруда, уточнить сроки эксплуатации 39го яруса и регламент ведения намывных работ по годам эксплуатации 39го яруса.

Таблица 5.3.1 – Параметры намыва по годам эксплуатации при производительности ОФ по хвостам – 3,0 млн. тонн в год

№	Наименование величин	Ед.изм.	Год эксплуатации		
			2026 (март – декабрь)	2027 (январь – декабрь)	2028 (январь)
1	Выход хвостов с ОФ за период	тыс.тонн	2500	3000	750
2	Объем, занимаемый хвостами при плотности хвостовых отложений 1,5 т/м^3	тыс. м^3	1667	2000	500

№	Наименование величин	Ед.изм.	Год эксплуатации		
			2026 (март – декабрь)	2027 (январь – декабрь)	2028 (январь)
3	Отметки гребня намытых хвостов к началу периода к концу периода	 м м	 867,5 870,8	 870,8 874,6	 874,6 875,5
4	Высота слоя намыва за период	м	3,3	3,8	0,9
5	Отметка горизонта воды отстойного пруда (на конец периода)	м	868,4	870,8	871,0

Примечания:
1. Отметки уровня отстойного пруда приведены из таблицы баланса воды при осадках и испарениях 50%-обеспеченности.
2. Отметки гребня намывного пляжа определены по объемам хвостов, исходя из результатов расчета количества одновременно работающих выпусков и времени намыва карты.

При существующей конфигурации хвостохранилища, интенсивность намыва пляжа практически постоянна в пределах одного рассматриваемого 39го яруса хвостохранилища. При выходе хвостов 3,0 млн. тонн в год за год предположительно может быть намыто 7-8 слоев 0,5 м высотой.

В схемах складирования хвостов по годам эксплуатации не учтены неизбежные перерывы в процессе намыва хвостов, связанные с остановкой и переключением насосного оборудования в пульпонасосной станции, переходом с одной нитки распределительного пульповода на другую, проведением монтажных работ, ремонтно-профилактических работ.

При эксплуатации хвостохранилища последовательность и продолжительность намывных работ могут корректироваться.

В случае принятия решения руководством предприятия о закрытии хвостохранилища после заполнения 39го яруса до отметки 876,0 м, торцевые сбросы могут продлены вглубь хвостохранилища для замыва прудковой части хвостохранилища сосредоточенным способом и максимального заполнения полезной емкости. В этом случае время работы хвостохранилища может быть продлено на 2028-2029 годы, на срок, необходимый для выполнения подготовительных работ к консервации хвостохранилища.

Вопросы, связанные с консервацией действующего хвостохранилища, в данном проекте не рассматриваются. Проектные решения по консервации и рекультивации территории после завершения эксплуатации хвостохранилища выполняются по специальной проектной документации, основанной на фактическом состоянии сооружения, сложившимся в процессе эксплуатации (объем воды в отстойном пруде, физико-механические характеристики намытых хвостовых отложений, их несущая способность и другие факторы, обуславливающие проведение мероприятий по консервации).

6 СИСТЕМА ВОДООТВЕДЕНИЯ И ОБОРОТНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

6.1 Система оборотного водоснабжения

В настоящем проекте эксплуатации предусматривается работа фабрики в замкнутом цикле, без сброса в естественные водоемы. Отстойный пруд хвостохранилища является основным источником водоснабжения для обогатительной фабрики.

На весь рассматриваемый период эксплуатации суммарный объем перекачиваемой на ОФ оборотной и дебалансной воды, составляет 80% от объема общего потребления воды, равен 913,2 м^3/час и остается постоянным в течение года.

Осветленная вода из отстойного пруда хвостохранилища перекачивается существующими плавучими насосными станциями (одна – рабочая, вторая – резервная), в каждой из которых установлены два центробежных электронасосных агрегата ЦН 400-105 (3В200х2) – оба рабочие.

При расходе 456,6 м^3/час напор, развиваемый насосами (с Др.к.=425мм) по рабочей характеристике составляет ~90 м, мощность N=200 кВт.

Плавучие насосные станции в настоящее время подключены к существующей трассе водовода оборотной воды из стальных труб DN400, длиной ~4,3 км. Два рабочих насоса подают оборотную воду в одну трубу, по которой она поступает в бак оборотной воды медно-пиритной секции.

Магистральный водовод из полиэтиленовых труб DN400, который в настоящее время проложен по левому борту хвостохранилища на отметках ~864,0-870,0 м, предусматривается перенести на более высокие отметки естественного борта долины. Рабочая документация на перекладку водовода (шифр 09-03-236-ГР) разработана ООО «Мигруп Проект» в 2024 году с учетом планово-высотного положения действующей рудовозной автодороги, а также перспективного наращивания хвостохранилища и строительства дамбы обвалования очередного 40го яруса с отметкой гребня 884,0 м.

Рабочие параметры существующей системы оборотного водоснабжения приведены в таблице 6.1.1. Гидравлическая схема оборотного водоснабжения приведена на Рисунке 6.1.1. Гидравлические расчеты выполнены с учетом перекладки водоводов оборотной воды на новый технологический проезд, выполненный на естественном борту на отм. 884,0-887,0 м.

Таблица 6.1.1 – Характеристики системы оборотного водоснабжения

№ п/п	Наименование	Ед. изм.	Количество
1	Объем подачи оборотной воды	м^3/час	913,2
		м^3/с	0,254
2	Типоразмер водовода	мм	ПЭ100 SDR17-500х29,7
	Расчетная скорость воды в трубе	м/с	1,67

№ п/п	Наименование	Ед. изм.	Количество
	Удельные потери напора	м.в.ст./м	0,0047
3	Длина трассы водоводов от плавучей насосной станции до наиболее высокой точки трассы с отм 887,0м (точки перегиба)	м	1480
4	Потери напора по длине транспортирования до точки перегиба	м	7,0
5	Максимальный геометрический перепад до верха водовода при ГВmin=858,1м (на 08.01.2024г)	м	29,5
6	Максимальный требуемый напор, создаваемый насосами, с учетом запаса 2,0 м	м	38,5
Принятое насосное оборудование			
7	Количество насосов (раб.)	шт.	2
8	Напор, развиваемый насосами при расходе 530,8 $м^3$/ч	м	85,0
9	Мощность электродвигателя	кВт	200

Установленные в настоящее время насосные агрегаты ЦН400-105 обеспечивают подачу необходимого объема оборотной воды. Напор, развиваемый насосами существенно выше необходимого.

6.2 ФИЛЬТРАЦИЯ ИЗ ХВОСТОХРАНИЛИЩА И ОТВЕДЕНИЕ ДРЕНАЖНЫХ СТОКОВ

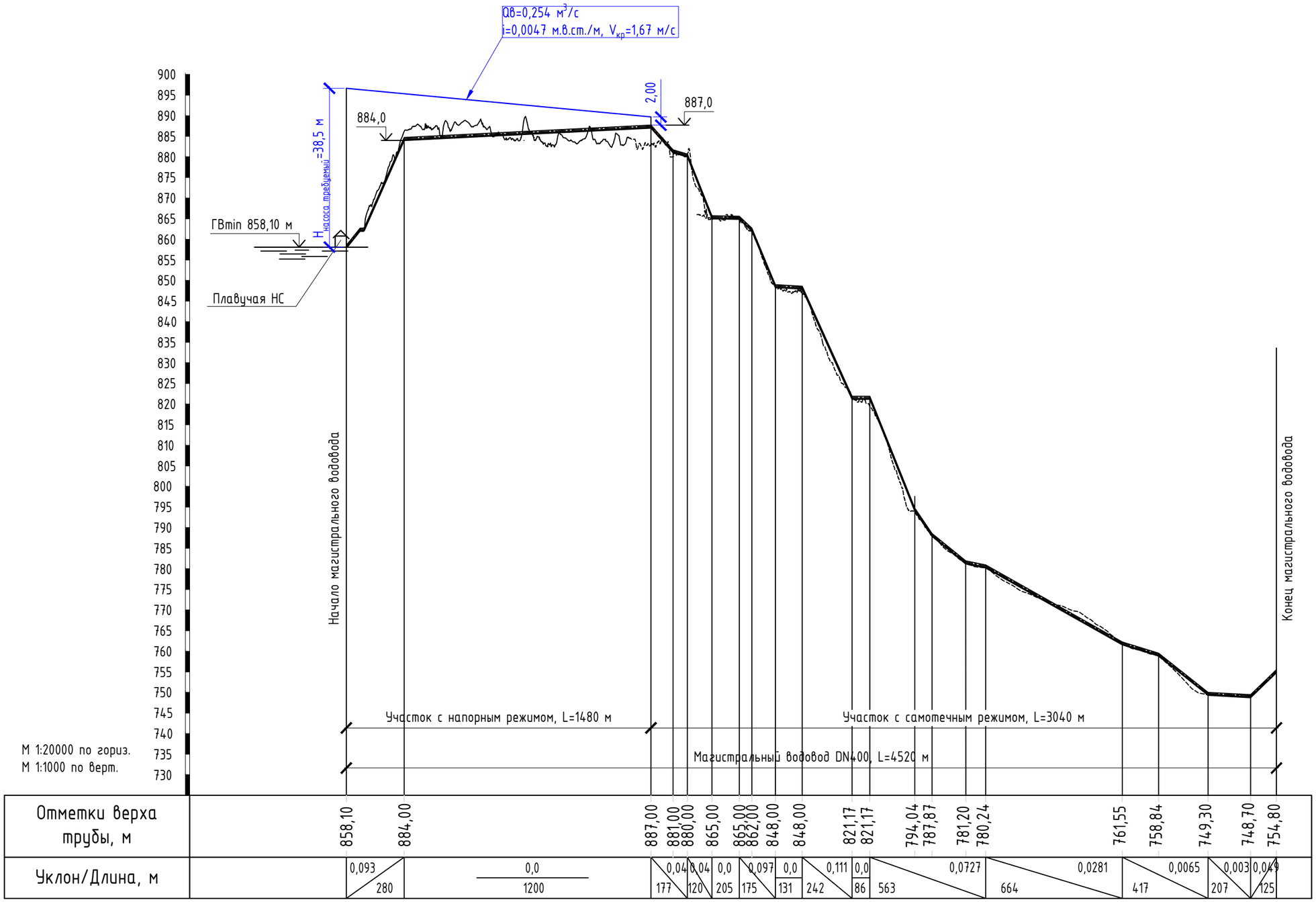
Фильтрационные воды через тело ограждающей дамбы перекачиваются дренажными насосами обратно в хвостохранилище, в отстойный пруд.

Одним из основных контрольных параметров для обеспечения безопасной эксплуатации хвостохранилища, является положение кривых депрессии в пьезометрических створах и определяется по показаниям уровней воды в пьезометрах.

В Приложении В приведены расчетные положения кривых депрессии при отметке горизонта воды 874,0 м – максимально допустимой отметке горизонта воды для хвостохранилища с отметкой ограждающей дамбы 876,0 м. Кривые депрессии построены с учетом характеристик хвостов и грунтов дамб и оснований, положения грунтовых вод по данным мониторинга.

Перехват фильтрационных вод хвостохранилища осуществляется дренажными сооружениями, расположенными в нижнем бьефе ограждающей дамбы хвостохранилища. Далее с помощью дренажной насосной установки по водоводам дренажных вод профильтровавшаяся вода возвращается в отстойный пруд хвостохранилища.

Рисунок 6.1.1 – Гидравлическая схема оборотного водоснабжения



Изм.	Кол.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	09-04-235-ПЭХХ	Лист

7 БАЛАНС ВОДЫ ПО ХВОСТОХРАНИЛИЩУ

7.1 Исходные данные

Для расчета баланса воды в хвостохранилище приняты следующие исходные данные:

1. Исполнительная съемка хвостохранилища, выполненная в январе 2024 г.

– горизонт воды в отстойном пруде в начале января 2024 г. – 858,10 м;

– отметка гребня намытых хвостовых отложений по всему фронту ~ 859,00 м, перепад между гребнем пляжа и горизонтом воды – 0,9 м;

– существующая дамба обвалования 38го яруса (с отм. гребня 868,0 м);

– длина пляжа 250-350 м; средний уклон пляжа от 1:250 до 1:350;

– площадь зеркала пруда – 0,180 км^2.

2. Исходные технологические показатели поступающей пульпы приняты в соответствии с Техническим заданием и приведены в таблице 7.1.1.

Таблица 7.1.1 – Технологические показатели поступающей пульпы

Технологический показатель	Ед. измерения	Значение
Выход отвальных хвостов	т/год	3 000 000
	т/час	343
Т:Ж (по весу)	-	23:77
Количество воды с хвостами	м^3/год	10 000 000
	м^3/час	1142
Расход хвостовой пульпы	м^3/год	11 111 000
	м^3/час	1268
Плотность хвостовой пульпы	т/ м^3	1,17
Удельный вес частиц	т/ м^3	2,60-2,80

Годовой объем укладываемых хвостов при плотности хвостовых отложений 1,5 т/м^3 составит 2,000 млн. м^3 при выходе хвостов 3,0 млн. тонн в год.

3. Объем оборотной воды на ОФ принят постоянным и составляет в соответствии с исходными данными (Приложение А) 80% технологических стоков ОФ (913,2 м^3/час).

4. Исходные данные по среднегодовым величинам осадков и испарений принимались по отчету института "Кавказгипроцветмет" по гидрометеорологическим изысканиям [6], 1988 г.

Годовое количество осадков 1% обеспеченности составляет 1020 мм; 50% обеспеченности – 500 мм; 99% обеспеченности – 320 мм.

Максимальная величина испарения с водной поверхности за год колеблется в пределах 900-1000 мм. Среднегодовое количество испарения 50% обеспеченности для с. Пока составляет 635 мм, минимальное количество – 529 мм. Средняя величина испарения с суши – 250-450 мм.

Значения величин испарений и осадков 50%-обеспеченности по месяцам, годовое их количество 1%-обеспеченности и 99%-обеспеченности приведены в таблицах 7.1.2 и 7.1.3.

Таблица 7.1.2 – Среднее месячное и годовое количество осадков, мм

Об.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
1%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1020
50%	25	30	45	65	86	85	44	33	46	47	45	21	572
99%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	320

Примечание: по данным метеостанции «Болниси»

Таблица 7.1.3 – Среднее месячное и годовое количество испарений с водной поверхности, мм

Об.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
**max													1000
*50%	-	-	-	-	86	108	138	136	101	66	-	-	635
* min													529

Примечание: * - метеопост в с. Пока;

** - по Отчету института “Кавказгипрроцветмет”, 1988 г.

Значения величин испарений с суши 50%-обеспеченности по месяцам, годовое их количество 1%-обеспеченности и 99%-обеспеченности приняты пропорционально количеству испарений с водной поверхности с k=0,6 и представлены в таблице 7.1.4.

Таблица 7.1.4 – Среднее месячное и годовое количество испарений с поверхности суши по месяцам, мм

Об.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
max													600
50%	-	-	-	-	52	65	83	81,6	61	39	-	-	381
min													317

Примечание: принято по табл. 7.1.3 (k=0,6)

7.2 РАСЧЕТ БАЛАНСА ВОДЫ ПО ХВОСТОХРАНИЛИЩУ

Баланс водопоступления и водоотведения по хвостохранилищу составлен на расчетный период 2026-2028 гг. с учетом роста уровня воды в пруде к началу складирования в емкость, образованную дамбой 39го яруса, до прогнозируемой отметки – 871,00 м.

Балансовые расчеты учитывают объем осадков и испарений с соответствующих площадей водосбора хвостохранилища.

В расчетах водопоступления и водоотведения учитывались следующие потоки:

А. Водопоступление:

– жидкая фаза пульпы;
– водоприток от атмосферных осадков на площадь водосбора хвостохранилища.

Б. Потери воды:

– на испарение с водной поверхности отстойного пруда;
– на испарение с поверхности суши водосборной площади;
– безвозвратные потери воды на заполнение пор хвостов;
– потери на замачивание бортов хвостохранилища при подъеме уровня воды.

В. Объем оборотной воды, возвращаемой на фабрику.

Фильтрационные потери через ограждающую дамбу в балансе не учитываются, т.к. профильтровавшая вода перехватывается дренажными сооружениями и возвращается в отстойный пруд.

В соответствии с исходными данными в расчетах баланса принято, что годовой объем укладываемых хвостов составляет 3,0 млн. тонн; годовой объем воды, поступающей с хвостами, составляет 10,0 млн. м³ в год. Плотность минеральных частиц хвостов ρ_s = 2,6-2,8 т/м³. Объемная плотность хвостовых отложений принята ρ_d = 1,5 т/м³. Пористость хвостовых отложений составляет n = (2,7-1,5) / 2,7 = 0,45.

Подсчет составляющих баланса:

1. Осадки на водосборную площадь составляют:

$W_{ос} = a \times F_{вод}$;

где: a – слой осадков различной обеспеченности;

$F_{вод}$ – водосборная площадь.

2. Испарение с площади пруда составляют:

$W_{ис} = И \times F_{вод.пов}$;

где: И – норма испарения с водной поверхности пруда;

$F_{вод.пов.}$ – площадь отстойного пруда.

3. Испарение с площади суши составляют:

$W_{ис} = И \times F_{суши}$;

где: И – норма испарения с суши;

$F_{суши}$ – площадь суши (пляжа и прилегающего рельефа водосборной площади).

4. Потери воды в порах хвостовых отложений составляют:

$W_{пп} = Т / \rho_{ск} \times (1 – \rho_{ск} / \rho_Т)$;

где: Т – количество хвостов;

$\rho_{ск}$ – плотность уложенных хвостовых отложений;

$\rho_Т$ – плотность минеральной части хвостов.

Ввиду недостаточности метеорологических наблюдений по площадке хвостохранилища можно предположить, что в условиях умеренно-теплого и сухого климата при дефиците влажности талые и дождевые стоки поступают в хвостохранилище не со всей

водосборной площади (1,60 км^2), а только с площади хвостохранилища (около 0,5 км^2). Часть стоков испаряется с поверхности суши, часть – фильтрует через залегающие на склонах долины грунты верхнего слоя. По этой причине при выполнении балансовых расчетов количество осадков и испарений было определено только на площадь чаши хвостохранилища 0,5 км^2.

В расчете баланса были учтены также потери на замачивание по бортам хвостохранилища при подъеме уровня воды в пруде. Поверхности склонов хвостохранилища сложены глинистыми грунтами с включением щебня – по левому борту и трещиноватыми до глубины 1,5 м обломочными туфопесчаниками – по правому борту. В расчете принята пористость грунтов замачиваемого слоя $n_{ср.}$=45%, мощность слоя насыщения при замачивании ~3,0 м.

В таблице 7.2.1 приведен укрупненный годовой расчет баланса воды по хвостохранилищу для среднего по водности года в соответствии с заданными исходными технологическими и гидрометеорологическими данными.

Таблица 7.2.1 – Укрупненный расчет баланса воды по хвостохранилищу для среднего по водности года

	Количество, млн. м^3	**Примечание**
А. Поступление воды		
Вода с пульпой	10,00	
Атмосферные осадки	0,29	572 мм • 0,5 км^2
Всего по А	*10,29*	
Б. Потери воды		
Заполнение пор хвостовых отложений	0,90	T/ ρ_d • n
Испарения с поверхности суши	0,10	381 мм • 0,25 км^2
Испарения с водной поверхности	0,16	635 мм • 0,25 км^2
Потери на замачивание борта	0,05	3,0 м • 0,04 км^2 • 0,45
Всего по Б	*1,21*	
Итого А.-Б.	**9,08**	
В. Возврат оборотной воды на ОФ	**8,00**	
Аккумуляция воды в пруде хвостохранилища	**1,08**	**(А.-Б.-В.)**

Укрупненный расчет баланса воды по хвостохранилищу, приведенный в таблице 7.2.1 показал, что при водообороте 80% отстойный пруд хвостохранилища будет ежегодно пополняться на 1,1 млн. м^3, занимая значительную часть полезного объема хвостохранилища, тем самым сокращая время работы 39го яруса и создавая угрозу переполнения хвостохранилища.

Для оптимальной работы сооружений и систем хвостового хозяйства и увеличения продолжительности складирования хвостов в 39й ярус требуется поддерживать объем пруда на уровне 600 тыс. м^3, что соответствует текущим значениям. Указанный объем с

одной стороны достаточен для осветления воды и подачи ее в технологический процесс, с другой стороны – позволяет максимально занять емкость 39го яруса хвостами без угрозы перелива, формировать длинные пляжи.

Ниже в таблице 7.2.2 приведен расчет баланса воды 50%-обеспеченности по осадкам и испарениям (**средний по водности год**) и определен необходимый объем отвода дебалансной воды.

Поверочные расчеты баланса воды для случая **многоводного года** выполняются для проверки возможности аккумуляции непредвиденного объема дебалансных вод в хвостохранилище. В расчете принимаются значения осадков 1% обеспеченности и испарений высокой обеспеченности. При наступлении многоводного года, объем аккумуляции дебалансных вод в отстойном пруду может увеличиться на 300 тыс. $м^3$ по сравнению со средним по водности годом. При площади пруда и площади ведения намывных работ на пляже около 0,25 $км^2$ данный объем дебалансных вод вызовет подъем уровня воды на 1,5 м и сокращение длины пляжа. Однако, при обеспечении в процессе эксплуатации постоянного превышения гребня дамбы обвалования над горизонтом воды в пруде хвостохранилища не менее 2,00 м, угрозы перелива воды через ограждающую дамбу нет.

Поверочный расчет для маловодного года выполняется для проверки достаточности объема отстойного пруда. В расчете принимаются значения осадков 99% обеспеченности и испарений малой обеспеченности. В случае наступления маловодного года недостаток воды может составлять до 240 тыс. м3, что может привести к затруднению или прекращению оборотного водоснабжения из хвостохранилища.

Расчеты баланса воды выполнены помесячно, с учетом роста уровня воды в пруде и изменением площади пруда.

При составлении баланса учитывалось обеспечение постоянного превышения гребня дамбы обвалования над горизонтом воды в пруде хвостохранилища 2,00 м в соответствии с требованиями «Правил безопасности гидротехнических сооружений накопителей жидких промышленных отходов» (ПБ 03-438-02).

Расчет баланса воды на период 2026-2028 гг. выполнен в предположении, что на момент начала строительства 39-го яруса, отметка гребня хвостовых отложений составит 867,50 м, отметка горизонта воды в отстойном пруде – 866,0 м (предельно допустимые значения).

Определение площадей и отметок отстойного пруда хвостохранилища в рамках балансовых расчетов выполнено на основании кривых объемов и площадей хвостохранилища, приведенных на рисунке 7.2.

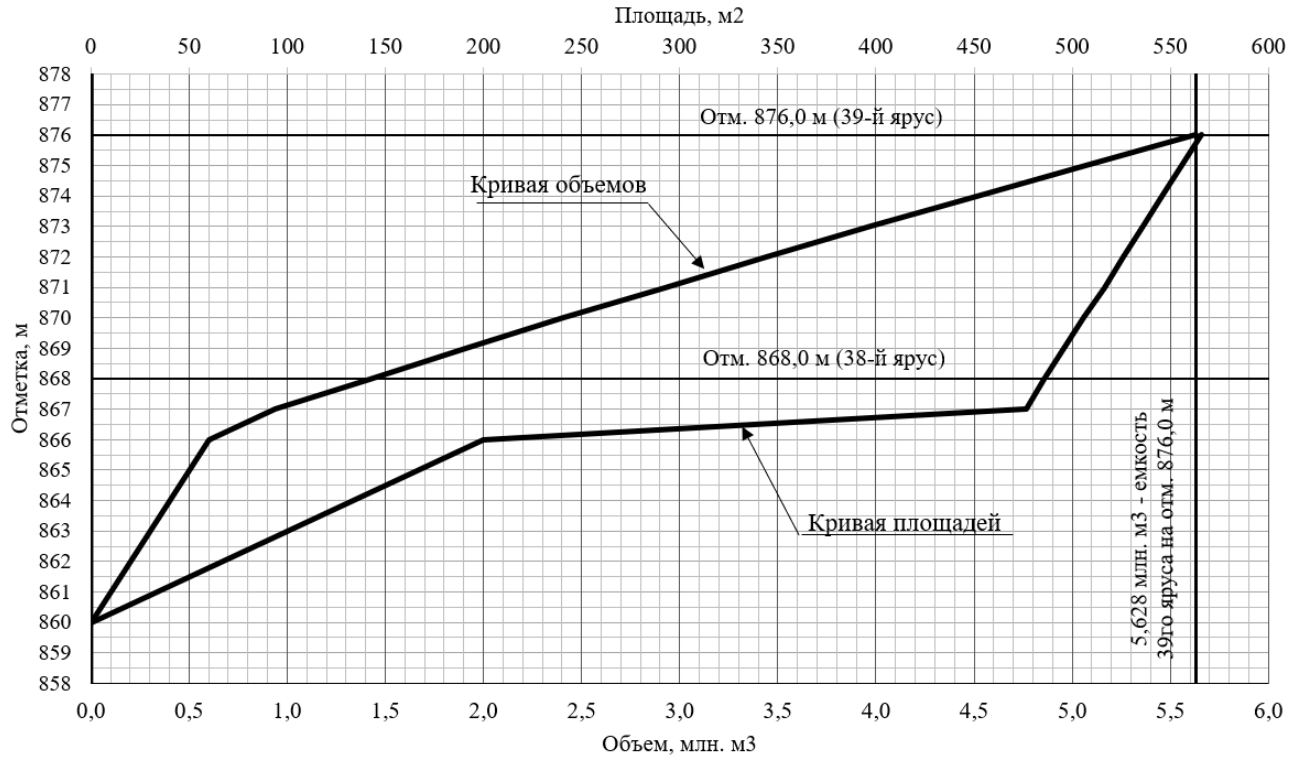


Рисунок 7.2 – Кривые объемов и площадей хвостохранилища

Таблица 7.2.2 – Баланс по хвостохранилищу на 2026-2028 гг. с учетом осадков и испарений 50% обеспеченности при годовом выходе хвостов 3,0 млн. тонн

Величина		2026 (Средний по водности год)											2027 (Средний по водности год)												Январь 2028 (Средний по водности год)
		М	А	М	И	И	А	С	О	Н	Д	Конец года	Я	Ф	М	А	М	И	И	А	С	О	Н	Д	Конец года	
А. Поступление воды, тыс. м3																									
Вода с пульпой		833,3	833,3	833,3	833,3	833,3	833,3	833,3	833,3	833,3	833,3	8333,3	833,3	833,3	833,3	833,3	833,3	833,3	833,3	833,3	833,3	833,3	833,3	833,3	10000,0	833,3
Атмосферные осадки		22,5	32,5	43,0	42,5	22,0	16,5	23,0	23,5	22,5	10,5	258,5	12,5	15,0	22,5	32,5	43,0	42,5	22,0	16,5	23,0	23,5	22,5	10,5	286,0	12,5
Всего по А		**855,8**	**865,8**	**876,3**	**875,8**	**855,3**	**849,8**	**856,3**	**856,8**	**855,8**	**843,8**	**8591,8**	**845,8**	**848,3**	**855,8**	**865,8**	**876,3**	**875,8**	**855,3**	**849,8**	**856,3**	**856,8**	**855,8**	**843,8**	**10286,0**	**845,8**
Б. Потери воды, тыс. м3																									
Заполнение пор хвостовых отложений		75,0	75,0	75,0	75,0	75,0	75,0	75,0	75,0	75,0	75,0	750,0	75,0	75,0	75,0	75,0	75,0	75,0	75,0	75,0	75,0	75,0	75,0	75,0	900,0	75,0
Испарения с водной поверхности		0,0	0,0	21,5	27,0	34,5	34,0	25,3	16,5	0,0	0,0	158,8	0,0	0,0	0,0	0,0	21,5	27,0	34,5	34,0	25,3	16,5	0,0	0,0	158,8	0,0
Испарения с поверхности суши		0,0	0,0	13,0	16,3	20,8	20,4	15,3	9,8	0,0	0,0	95,4	0,0	0,0	0,0	0,0	13,0	16,3	20,8	20,4	15,3	9,8	0,0	0,0	95,4	0,0
Потери на замачивание борта		4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	45,0	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	54,0	4,5
Всего по Б		**79,5**	**79,5**	**114,0**	**122,8**	**134,8**	**133,9**	**120,0**	**105,8**	**79,5**	**79,5**	1049,2	**79,5**	**79,5**	**79,5**	**79,5**	**114,0**	**122,8**	**134,8**	**133,9**	**120,0**	**105,8**	**79,5**	**79,5**	1208,2	**79,5**
В. Оборотная вода на ОФ, тыс. м3		**666,7**	**666,7**	**666,7**	**666,7**	**666,7**	**666,7**	**666,7**	**666,7**	**666,7**	**666,7**	**6666,7**	**666,7**	**666,7**	**666,7**	**666,7**	**666,7**	**666,7**	**666,7**	**666,7**	**666,7**	**666,7**	**666,7**	**666,7**	**8000,0**	**666,7**
Г. Сброс дебалансной воды, тыс.м3 (А.-Б.-В.)		**109,7**	**119,7**	**95,7**	**86,4**	**53,9**	**49,3**	**69,7**	**84,4**	**109,7**	**97,7**	**876,0**	**99,7**	**102,2**	**109,7**	**119,7**	**95,7**	**86,4**	**53,9**	**49,3**	**69,7**	**84,4**	**109,7**	**97,7**	**1077,9**	**99,7**
Объем пруда, тыс. м3 (А.-Б.-В.-Г.)	**600,0**	**600,0**	**600,0**	**600,0**	**600,0**	**600,0**	**600,0**	**600,0**	**600,0**	**600,0**	**600,0**	**600,0**	**600,0**	**600,0**	**600,0**	**600,0**	**600,0**	**600,0**	**600,0**	**600,0**	**600,0**	**600,0**	**600,0**	**600,0**	**600,0**	**600,0**
Показатели намыва																									
Кол-во уложенных хвостов, тыс.тонн		250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	750	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	3000	250
Сумм.кол-во хвостов , тыс.тонн		250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500	2500	2750	3000	3250	3500	3750	4000	4250	4500	4750	5000	5250	5500	5500	5750
Объем хвостов, тыс.куб.м		167	333	500	667	833	1000	1167	1333	1500	1667	1667	1833	2000	2167	2333	2500	2667	2833	3000	3167	3333	3500	3667	3667	3833
Площадь водной пов-ти, тыс.кв.м	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
Отметка ГВ в, м (на конец месяца)	866,00	866,30	866,59	866,89	867,13	867,34	867,54	867,75	867,96	868,16	868,37	868,37	868,57	868,77	868,98	869,18	869,38	869,58	869,78	869,98	870,17	870,37	870,56	870,76	870,76	870,96

7.3 Выводы

Расчеты показали:

1. Объем отстойного пруда в значительной степени определяется климатическими факторами.
2. В соответствии с выполненными расчетами баланса воды для среднего по водности года (таблица 7.2.2), необходимо поддерживать объем отстойного пруда на уровне ~600 тыс. м^3 путем отвода дебалансных вод. Объем отведения неравномерен в разрезе года и зависит от климатических параметров: в среднем в зимний период необходимо отводить от 50 тыс. м^3 в месяц (70 м^3/ч) до 120 тыс. м^3 в месяц (165 м^3/ч).
3. Поверочный расчет при 1% обеспеченности по осадкам (многоводный год) показал, что угрозы перелива воды через гребень ограждающей дамбы хвостохранилища нет.
4. Поверочный расчет при 99%-обеспеченности по осадкам (маловодный) показал, что в случае наступления маловодного года будет наблюдаться значительный дефицит воды и уменьшение объема пруда. В связи с этим в процессе эксплуатации необходимо учитывать метеорологические условия и регулярно контролировать объем воды в отстойном пруду. При наступлении засушливого сезона необходимо уменьшить объем отводимых дебалансных вод для обеспечения стабильной работы системы оборотного водоснабжения ОФ.

В процессе эксплуатации необходимо периодически выполнять корректировку баланса воды с учетом фактического уровня и объема воды в отстойном пруде, прогноза ближайшей метеостанции по водности года и при необходимости выполнять корректировку проектной высоты намывного пляжа.

8 РАСЧЕТНОЕ ОБОСНОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ОГРАЖДАЮЩЕЙ ДАМБЫ ХВОСТОХРАНИЛИЩА

Для обоснования строительства 39 яруса обвалования ограждающей дамбы хвостохранилища выполнена оценка устойчивости намывной ограждающей дамбы, возведенной до отм. 876,0 м.

Последние расчеты, выполненные ООО «Мигруп Проект» в 2023 г. для хвостохранилища до отм. 868,0 м, показали следующее:

– при основном сочетании нагрузок коэффициент запаса устойчивости был выше нормативного;

– при особом сочетании нагрузок в случае сейсмической активности 8 баллов запаса устойчивости был выше нормативного.

Для подготовки Проекта эксплуатации и рабочей документации по строительству 39-го яруса также был выполнен ряд расчетов по оценке устойчивости.

Расчеты выполнены в программном комплексе GeoStudio 2018 с использованием различных подходов к оценке устойчивости:

1. Оценка устойчивости в программном комплексе GeoStudio 2018 с применением псевдостатического метода (путем задания коэффициентов динамической сейсмичности).
2. Оценка устойчивости в программном комплексе GeoStudio 2018 с использованием положений динамической теории сейсмостойкости (путем задания расчетных акселерограмм землетрясений).

Все расчеты устойчивости, производимые с использованием описанных выше методик, выполнены для основного расчетного створа В-В, положение которого показано на рисунке 8.1.

Створ А-А, приведенный на рисунке 8.1, совпадает с пьезометрическим створом 2-2 и проходит по нормали к оси дамб обвалования. По створу А-А в предыдущие годы эксплуатации выполнялись расчеты устойчивости. До 32го яруса включительно контрольный створ 2-2 являлся центральным, ограждающая дамба в данном створе имела максимальную высоту. Створ В-В – уточненный и построенный по тальвегу долины ручья Болис-Хеви. При выборе положения створа В-В учтено, что долина ручья в его верховьях раздваивается, створ построен с изломом и повторяет условную линию более глубокого притока ручья. Сечение для создания расчетной модели по створу В-В построено путем проецирования на нормаль к оси дамбы.

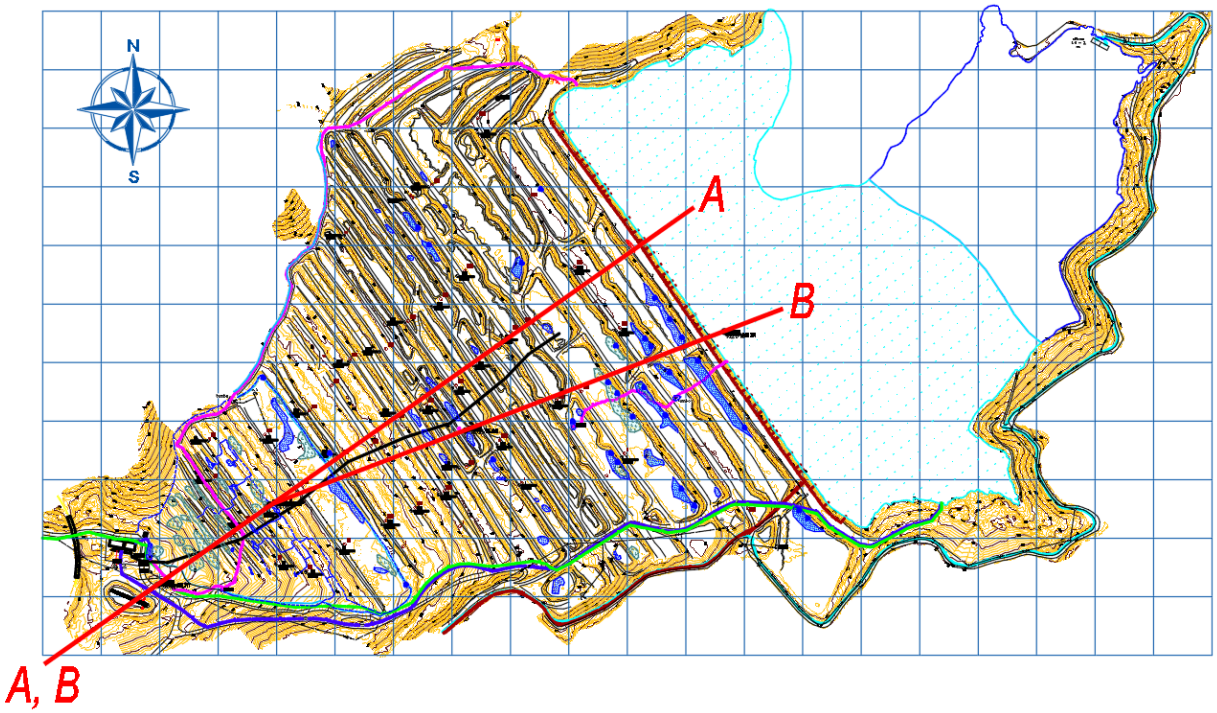


Рисунок 8.1 – Схема расположения расчетных створов А-А и В-В для оценки устойчивости хвостохранилища

Исходные данные для расчетов устойчивости приняты по результатам инженерно-геологических изысканий, выполненных ООО «Джеоинжиниринг» в 2020 г. (Технический отчет «Инженерно-геологические изыскания на территории медно-пиритового хвостохранилища Маднеули»), ООО «Нефтегазпроектстрой» в 2021 г. (Технический отчет «Производство инженерно-геологических и инженерно-геофизических изысканий (сейсмическое микрорайонирование) по существующему медно-пиритовому хвостохранилищу в республике Грузия») и ООО «Ставпроектстрой» в 2023 г. (Технический отчет на выполнение дополнительных инженерно-геологических изысканий по объекту «Медно-пиритовое хвостохранилище Маднеульского ГОКа», шифр 24/01/2023_ИГИ).

В сентябре-декабре 2023 г. были выполнены дополнительные инженерно-геологические изыскания на хвостохранилище Маднеули, в частности:

– бурение контрольных геологических скважин, отбор образцов хвостовых отложений;

– лабораторные исследования физико-механических свойств хвостовых отложений;

– опытно-фильтрационные работы.

В ходе дополнительных изысканий были уточнены физико-механический свойства грунтов (далее – ФМС грунтов), выполнены исследования по оценке изменения модуля деформации хвостов с глубиной. Диапазон давлений, при которых производились лабораторные исследования, соответствует высоте хвостохранилища. Расчеты устойчивости хвостохранилища проведены по результатам дополнительных изысканий, приведенных в Техническом отчёте на выполнение дополнительных инженерно-геологических изысканий по объекту «Медно-пиритовое хвостохранилище Маднеульского ГОКа»

(ООО «Ставпроектстрой», г. Ставрополь, 2023 г.), с учетом характеристик грунтов, соответствующих глубине их залегания в теле намывной дамбы.

Все выполненные расчеты по створу В-В представлены в Приложении Г.

Результаты расчетов представлены в таблице 8.1. Анализ результатов расчетов, выполненных для проектируемой дамбы 39го яруса, а также расчетов, выполненных на предыдущих стадиях проектирования, показал, что в условиях существующего сооружения высотой 185 м интенсивность намыва хвостов выше существующей отм. 868,0 м практически не влияет на устойчивость всего сооружения. Нормативные коэффициенты запаса устойчивости приняты для ГТС I класса по нормативному документу СНиП 2.06.05-84* Плотины из грунтовых материалов.

Таблица 8.1 – Результаты расчетов устойчивости ограждающей дамбы хвостохранилища по створу В-В в программном комплексе GeoStudio 2018

Расчетный программный комплекс, метод задания сейсмической нагрузки	**Минимальный расчетный коэффициент запаса устойчивости, сочетание нагрузок:**	
	основное	**особое (8 баллов)**
GeoStudio 2018 (псевдостатический метод)	2.123	1.400
GeoStudio 2018 (динамический метод)*		Остаточное вертикальное смещение – 0.14 м Максимальное суммарное смещение – 0.5 м
Нормативный коэффициент запаса устойчивости (для методов расчета, учитывающих напряженно-деформированное состояние)	**1,25**	**1,187**

** - метод позволяет определить остаточные смещения*

Результаты расчетов устойчивости:

1. **Результаты расчетов устойчивости при основном сочетании нагрузок**

Статическая устойчивость сооружения обеспечена.

2. **Результаты расчетов устойчивости по створу В-В при особом сочетании нагрузок (8 баллов)**

Расчеты, выполненные по псевдостатическому методу в программном комплексе GeoStudio 2018, для случая сейсмической нагрузки 8 баллов, показали, что устойчивость внешнего откоса дамбы отвечает требованиям, предъявляемым к сооружениям I класса.

Расчеты, выполненные по методу динамической теории в программном комплексе GeoStudio 2018, для случая сейсмической нагрузки 8 баллов, показали, что остаточные вертикальные смещения составят 0.14 м, прорыв напорного фронта не произойдет при условии соблюдения превышения отметки дамбы над уровнем воды в пруде.

9 МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОХРАНЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Проект эксплуатации хвостового хозяйства предусматривает мероприятия по охране водного и воздушного бассейнов территории, прилегающей к объектам хвостового хозяйства.

Охрана водного бассейна

В состав мероприятий по охране влияния хвостохранилища на водный бассейн входят наблюдения за положением кривых депрессий в теле дамбы и выходом фильтрационных вод на низовой откос дамбы, за выносом грунта и наличием суффозионных процессов.

На хвостовом хозяйстве ведется постоянный контроль влияния хвостохранилища на подземные воды по пьезометрам, установленным в контрольных створах. В скважинах определяется уровень подземных вод.

Подъем кривой депрессии в теле намывной дамбы выше предельных расчетных отметок может вызвать аварийные ситуации, сопровождаемые местной потерей устойчивости низового откоса намывной дамбы и повышенными фильтрационными расходами.

Для предотвращения подобных ситуаций необходимо обеспечивать ширину пляжа не менее 200 м по всему фронту намыва, и геометрический перепад между отметкой горизонта воды в отстойном пруде и отметкой надводного пляжа у верхового откоса дамбы обвалования не менее — 1,5 метров.

Состояние дамб должно контролироваться также визуальным осмотром в соответствии с графиком мониторинга, определением физико-механических характеристик намытых хвостов пляжа.

Оборотное водоснабжение предприятия работает в замкнутом цикле, без сброса сточных промышленных вод в естественные водные объекты и н а рельеф.

Система дренажных сооружений обеспечивает перехват фильтрационных стоков из хвостохранилища и возврат их в отстойный пруд хвостохранилища.

Охрана воздушного бассейна

Конструкция дамб из скальных грунтов исключает пыление низового откоса.

Принятая в проекте технология ведения намывных работ с послойным намывом хвостов по всему фронту складирования обеспечивает постоянное увлажнение пляжа и исключает возможность пыления складируемых хвостов в намывной период.

Указанные мероприятия позволяют сократить количество пыли, уносимой с пляжа, и сократить зону влияния хвостохранилища на атмосферу прилегающей территории.

10 ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ МОНИТОРИНГА БЕЗОПАСНОСТИ СООРУЖЕНИЙ. КОНТРОЛЬ И НАБЛЮДЕНИЯ ЗА РАБОТОЙ ХВОСТОВОГО ХОЗЯЙСТВА

10.1 Общие положения

В проекте мониторинга (09-04-235-ПМХХ) приведена система контроля и постоянных наблюдений за состоянием сооружений и объектов хвостового хозяйства и оборотного водоснабжения, являющаяся основой анализа безопасности сооружений и оценки прогноза развития ситуации при возникновении аварии, приводится программа всех наблюдений и их периодичность в зависимости от класса сооружений.

В настоящем разделе приводятся основные положения по контролю и наблюдениям за работой сооружений и объектов хвостового хозяйства. Эксплуатацию, контроль и наблюдения за работой ГТС необходимо проводить в соответствии с требованиями «Правил безопасности гидротехнических сооружений накопителей жидких промышленных отходов» (ПБ 03-438-02) и в соответствии с графиками контроля за эксплуатацией ГТС.

Для обеспечения надежной эксплуатации всех гидротехнических сооружений необходимо вести постоянный контроль за режимом их работы, проводить планово-предупредительные ремонты сооружений и оборудования в установленные сроки. Все наблюдения за эксплуатацией ГТС заносятся в специальные журналы. Для учета и оформления результатов контроля и наблюдений используются типовые формы специальных журналов в соответствии с приложениями ПБ 03-438-02. Результаты контроля и наблюдений оформляются в текстовой форме в виде записок, отчетов, справок.

Периодичность наблюдений за отдельными гидротехническими сооружениями хвостового хозяйства должна соответствовать срокам, указанным в «Правилах безопасности…» (ПБ 03-438-02) и в объеме, предусмотренном «Правилами эксплуатации» (местной инструкцией), которые составляются предприятием на основании проектной документации.

Мониторингом безопасной эксплуатации хвостового хозяйства предусматриваются следующие методы контроля:

Визуальные наблюдения: осмотр сооружений и оборудования, прилегающей к хвостохранилищу территории с целью оценки их состояния, выявления дефектов и неблагоприятных процессов, снижающих эксплуатационную надежность сооружения.

Инструментальные наблюдения: выполнение геодезических съемок и замеров, контроль работы оборудования по показаниям приборов, определение физико-механических характеристик хвостов, химический анализ проб воды лабораторными методами.

При проведении инструментальных замеров и визуальных осмотров гидротехнических сооружений должны соблюдаться правила безопасного ведения работ в соответствии с нормами и инструкциями по технике безопасности и охране труда.

Для проведения мониторинга безопасности гидротехнических сооружений должна быть создана группа геотехконтроля предприятия с привлечением маркшейдерской, геологической, природоохранных служб и других специализированных организаций.

При эксплуатации сооружений и объектов хвостового хозяйства периодически должны проводиться обследования всех сооружений комиссией с представителями предприятия, органов главной государственной инспекции Грузии и специализированных организаций.

По результатам обследований составляется акт-предписание, включающий рекомендации по обеспечению безопасной эксплуатации гидротехнических сооружений.

10.2 Перечень основных функций системы мониторинга безопасности ГТС

Основные функции системы мониторинга безопасности ГТС хвостового хозяйства – это постоянный контроль и наблюдения за:

- технологическими процессами и параметрами;
- состоянием гидротехнических сооружений;
- характером воздействия хвостохранилища на окружающую среду.

Наблюдения за технологическими процессами и параметрами включают контроль за:

- гидротранспортом хвостов в емкость хвостохранилища;
- складированием (намывом) хвостов на пляж хвостохранилища;
- водоотведением из хвостохранилища в систему оборотного водоснабжения обогатительной фабрики;
- работой дренажных сооружений.

Контроль за состоянием гидротехнических сооружений хвостового хозяйства включает наблюдения за:

- сооружениями гидротранспорта хвостов и водоотведения из хвостохранилища;
- намывной дамбой хвостохранилища;
- отстойным прудом и сооружениями оборотного водоснабжения;
- дренажными сооружениями.

Контроль и наблюдения за воздействием хвостохранилища на окружающую среду прилегающей территории включает наблюдения за:

- водным бассейном;
- воздушным бассейном.

10.3 Перечень контролируемых параметров

К контролируемым показателям относятся измеряемые в натурных условиях или вычисленные с использованием результатов этих измерений количественные значения или

качественные показатели состояния ГТС. Из числа контролируемых показателей выбираются наиболее значимые для диагностики и оценки состояния ГТС диагностические показатели, для которых назначаются количественные или качественные критерии безопасности. Для оценки состояния ГТС хвостохранилища используются следующие диагностические показатели:

Количественные:

- уровень воды в отстойном пруду;
- физико-механические характеристики хвостов, складируемых в хвостохранилище;
- положение поверхности депрессии в теле дамбы;
- превышение гребня ограждающей дамбы над уровнем воды в отстойном пруду;
- геометрические параметры дамб (в том числе параметры намывного пляжа, заложение низового откоса);
- осадки и смещение тела и основания дамб, их характер и динамика;
- плотность хвостов пляжной зоны;
- объем и качественный состав осветленной воды в отстойном пруду;
- толщина стенки пульповодов.

Качественные:

- наличие и развитие просадок или пучения грунта на гребне или откосах дамб;
- наличие сосредоточенных выходов фильтрации;
- наличие локальных оползней (обрушений) откосов;
- наличие полостей и каверн в основании и теле сооружений;
- наличие и развитие трещин в зонах сопряжения элементов сооружений и оснований с различными механическими и фильтрационными свойствами;
- появление выноса грунта из тела сооружений, образование обширных ходов фильтрации;
- наличие промоин, оврагов, намыва грунта в виде гряд и валов;
- наличие трещин (стабилизировавшиеся или нет, продольные или поперечные, поверхностные или глубинные, формирующие тело обрушения или нет);
- проявление процесса фильтрации в виде мокрых пятен, луж, болот, высачивания воды, ключей, ручьев;
- выпор грунта на откосе или у подошвы дамбы;
- состояние оболочки пульповодов и водоводов (изоляции, антикоррозийной окраски, теплоизоляции);
- герметичность стыков, швов, фланцевых соединений;
- состояние и работа компенсаторов, трубопроводной арматуры;
- осадки и деформации водоводов и пульповода, состояние опорных устройств;
- состояние и работа насосных станций;
- равномерность заполнения емкости.

10.4 Описание состава КИА

В состав контрольно-измерительной аппаратуры (КИА) входят:

1. Пьезометры для наблюдения за уровнями кривой депрессии в теле ограждающей дамбы – 55 существующих пьезометров и 4 проектируемых пьезометра на берме 38го яруса. В настоящее время наблюдения за фильтрационными водами ведутся по четырем пьезометрическим створам.

2. Поверхностные марки – репера для замеров осадок и смещений. Репера расположены в контрольных створах, рядом с пьезометрами – 45 существующих репера и 3 проектируемых репера на берме 38го яруса.

3. Опорный репер – 1 шт.

4. Водомерные рейки – для контроля уровня воды. Устанавливаются в отстойном прудке, в дренажной емкости.

Схема расположения существующей КИА приведена в Приложении Д.

10.5 Описание службы мониторинга безопасности ГТС

Эксплуатацией всех гидротехнических сооружений и систем хвостохранилища занимается эксплуатационный персонал отделения хвостового хозяйства.

Технический контроль эксплуатационной надежности и безопасности хвостохранилища также осуществляет персонал предприятия с привлечением маркшейдерской, геологической, природоохранной служб и, при необходимости, других специализированных организаций и институтов в соответствии с «Правилами безопасности...», местной инструкцией по эксплуатации и должностными инструкциями, разработанными на предприятии.

Эксплуатационный персонал в соответствии с действующими нормами и требованиями должен иметь необходимую квалификацию, позволяющую эксплуатировать гидротехнические сооружения. Работники участка гидротехнических сооружений должны с установленной периодичностью проходить проверку знаний правил, норм и инструкций. Эксплуатационный персонал должен проходить обучение со сдачей экзаменов. Рабочие участка должны проходить повторный инструктаж по безопасности труда и проверку знания инструкции по соответствующим профессиям.

Эксплуатационный персонал, проводящий мониторинг безопасности ГТС, для возможности проведения визуальных наблюдений и исследовательских работ, должен быть обеспечен соответствующим оборудованием и транспортом своевременно и в полном объеме.

Эксплуатационный персонал несет ответственность:

- за безаварийную работу всех систем хвостового хозяйства;
- за техническую исправность и готовность к работе всех сооружений хвостового хозяйства;

- за правильный и своевременный контроль состояния всех систем и сооружений.
- выполнение мероприятий по защите окружающей среды от загрязнения.

Эксплуатационным персоналом ведутся технологические журналы и отчетная документация по всем сооружениям хвостохранилища. Полученные данные используются для первичного анализа безопасности сооружения и составления годового отчета о состоянии хвостохранилища.

Рекомендуемый состав службы геотехконтроля

1. Начальник отдела службы геотехконтроля (инженер гидротехник)

Функции:

- Руководство по осуществлению текущей деятельности по организации ведения мониторинга безопасности ГТС.
- Подготовка материалов технических отчетов.
- Организация выполнения работ по ведению мониторинга и составление планов и работ по обеспечению безопасности ГТС.
- Сбор текущей информации, определенной проектом мониторинга, в соответствии с разделом и частями проекта.
- Материальное обеспечение осуществления мониторинга.
- Наблюдение за технологическим режимом работы хвостохранилища.

2. Техник-лаборант

Функции:

- Визуальные осмотры ГТС.
- Проведение замеров по пьезометрическим гидрологическим скважинам.
- Отбор проб хвостов, оборотной воды, фильтрационных и дренажных вод, положения грунтовых вод и химического состава наблюдательных гидрологических скважин.
- Определение состояния трубопроводов.
- Проведение замеров по содержанию пыли на территории хвостохранилища.

11 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО ОХРАНЕ ТРУДА

Эксплуатация сооружений хвостового хозяйства должна производиться по утвержденной техническим руководством предприятия местной инструкции по эксплуатации, разработанной на основании данного проекта эксплуатации, «Правил безопасности минеральных и неминеральных полезных ископаемых, полезных ископаемых, агрегатных и минеральных заводов», утвержденных Распоряжением Министерства экономического развития Грузии №1-1/609 от 17 апреля 2007 г. и Правил безопасности гидротехнических сооружений накопителей жидких промышленных отходов (ПБ 03-438-02).

В инструкции должны быть отражены вопросы безопасной эксплуатации оборудования и сооружений всех систем хвостового хозяйства, а также вопросы производственной санитарии, промышленной безопасности и охраны труда при работе всех систем.

Основные положения безопасности труда:

1. Эксплуатация сооружений хвостового хозяйства должна осуществляться обслуживающим персоналом под техническим руководством специалиста-гидротехника или специалистов, прошедших обучение на специальных курсах и аттестованных на право эксплуатации ГТС и ведения работ на накопителях жидких промышленных отходов, в соответствии с регламентом и должностными инструкциями.
2. Все работники должны пройти инструктаж и сдать экзамен по технике безопасности.
3. В отделении "Хвостовое хозяйство" должны постоянно находиться инструкции по технике безопасности по всем видам работ.
4. В помещении насосных станций должны быть вывешены инструкции по безопасному обслуживанию насосных агрегатов, схемы трубопроводов, задвижек, вентилей. Запорная арматура должна быть исправна, а ее обслуживание — безопасным.
5. На предприятии должен быть разработан план ликвидации аварий (ПЛА), в рамках которого должны быть рассмотрены возможные сценарии возникновения и развития аварий на объекте, мероприятия для локализации и ликвидации последствий аварий на объекте; определены первоочередные действия при возникновении аварии и пр. В районе хвостохранилища должны быть организованы места хранения материалов и инструментов в количестве, предусмотренными планом ликвидации аварий.
6. Необходимо проводить техническую учебу с обслуживающим персоналом, проверять умение работников вести технологический процесс в соответствии с нормативно-технической документацией, отрабатывать практически аварийные ситуации, предусмотренные планом ликвидации аварий.
7. Рабочие должны проходить повторный инструктаж по безопасности труда и проверку знания инструкций по соответствующим профессиям с периодичностью, установленной на предприятии.
8. При проведении работ по намыву дамбы должны строго соблюдаться следующие правила безопасности труда:

- все работы должны проводиться при достаточном освещении участка работ или в светлое время суток;
- планировку откосов бульдозером разрешается производить на откосах, не круче указанных в паспорте бульдозера;
- плавучие средства должны проходить периодическую проверку технического состояния, иметь надпись с указанием грузоподъемности и необходимые спасательные средства.

Выполнение всех видов строительно-монтажных работ по объектам систем хвостового хозяйства должно производиться с обязательным соблюдением требований и норм, предъявляемых производственной санитарией, а также с обязательным соблюдением норм и правил техники безопасности в строительстве.

На сооружениях хвостового хозяйства должны находиться схема движения и схема подъездных дорог к основным сооружениям и коммуникациям.

Ремонтные работы на трубопроводах, арматуре и другом оборудовании, находящемся под давлением, не допускаются.

Особо опасные работы на сооружениях хвостового хозяйства выполняются по наряду-допуску, с соблюдением особых мер безопасности. Перечень таких работ утверждается распоряжением по предприятию.

Около отстойного пруда хвостохранилища выставляются плакаты, предупреждающие о недопустимости использования воды из него для питья и хозяйственно-бытовых целей. Вокруг хвостохранилища в местах подъездов и возможных подходов должны быть установлены плакаты: «Опасная зона. Проход и въезд посторонним лицам запрещен!»

Механизмы и оборудование хвостового хозяйства должны находиться в исправном состоянии, снабжены сигнальными и предохранительными устройствами.

Рабочее оборудование насосных станций и трубопроводы должны быть заземлены согласно действующим правилам.

При обнаружении работником нарушений технического состояния и работы сооружений, неисправности оборудования и защитных устройств, которые могут представлять опасность (для людей, оборудования и окружающей среды), он должен немедленно сообщить своему начальнику или вышестоящему руководителю о случившемся и принять меры по устранению нарушений в соответствии со своей должностной или технологической инструкцией. Для проведения работ должны быть назначены ответственные исполнители.

СПИСОК МАТЕРИАЛОВ, ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ПРОЕКТА ЭКСПЛУАТАЦИИ

1. АО «RMG Copper». 38-й ярус ограждающей дамбы медно-пиритового хвостохранилища Маднеульского ГОКа. Проект эксплуатации хвостохранилища. Пояснительная записка и графическая часть, шифр 09-04-205-ПЭХХ, ООО «Мигруп Проект», г. С.-Петербург, 2023 г.

2. Рабочая документация ограждающей дамбы 38-го яруса с отметкой гребня 868,0 м, ООО «Мигруп Проект», шифр 09-04-205-ГР, 2023 г.

3. Технический отчет «Инженерно-геологические изыскания на территории медно-пиритового хвостохранилища Маднеули», ООО «Джеоинжиниринг» в 2020 г.

4. «Оценка сейсмической опасности и геофизические исследования Маднеульского хвостохранилища и примыкающей территории в поселке Казрети». Тбилисский государственный университет им. Иванэ Джавахишвили, Институт геофизики им. Михаила Нодиа. Тбилиси, 2018 г.

5. «Отчет по гидрометеорологическим изысканиям для ручьев Болис-Хеви и Усохелос-Хеви Маднеульского ГОКа». Институт «Кавказ-Гипроцветмет», г.Орджоникидзе, 1988 г.

6. Правила безопасности гидротехнических сооружений накопителей жидких промышленных отходов, шифр ПБ-03-438-02, утвержденных Госгортехнадзором России 28.01.02 г.

7. Распоряжение Министерства экономического развития Грузии №1-1/609 от 17 апреля 2007 г. об утверждении «Правил безопасности минеральных и неминеральных полезных ископаемых, полезных ископаемых, агрегатных и минеральных заводов».

8. Технический отчет по результатам инженерно-геологических изысканий «Производство инженерно-геологических и инженерно-геофизических изысканий (сейсмическое микрорайонирование) по существующему медно-пиритовому хвостохранилищу в республике Грузия». Шифр 20/195-ИГИ. ООО «Нефтегазпроектстрой», г. Ставрополь, 2021 г.

9. Технический отчёт по результатам дополнительных инженерно-геологических изысканий по объекту «Медно-пиритовое хвостохранилище Маднеульского ГОКа». Шифр 24/01/2023-ИГИ. ООО «Ставпроектстрой», г. Ставрополь, 2023 г.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ПО ОБЪЕМУ ОБОРОТНОЙ ВОДЫ

Приложение №1
к Договору №09-03-24 от 27.02.2024 г.

СОГЛАСОВАНО:
Генеральный директор ООО «Мигруп Проект»
Н.А. Бакин
_____
«___» _____ 2024 г.

УТВЕРЖДАЮ:
Исполнительный директор JSC «RMG Copper»
Джондо Шубитидзе
_____
«___» _____ 2024 г.

СОГЛАСОВАНО:
Директор по производству JSC «RMG Copper»
Сергей Березиков
_____
«___» _____ 2024 г.

Техническое задание
на выполнение проектной документации
по объекту «39-й ярус ограждающей дамбы
медно-пиритового хвостохранилища Маднеульского ГОКа»

№	Перечень данных и требований	Содержание данных и требований
1	**Общие сведения**	
1.1	Заказчик	JSC «RMG Copper» (Грузия)
1.2	Наименование объекта	39-й ярус ограждающей дамбы медно-пиритового хвостохранилища Маднеульского ГОКа
1.3	Местоположение объекта	Болнисский Муниципалитет Республики Грузия, пос. Казрети
1.4	Стадийность проектирования	Проектная и Рабочая документация
1.5	Исполнитель:	ООО «МИГРУП ПРОЕКТ»
2.	**Исходные данные для проектирования**	
2.1	Исходные материалы, предоставляемые Заказчиком	1. Исполнительная съемка намывной ограждающей дамбы хвостохранилища. На съемке отображены: ограждающая дамба с дамбой обвалования 38-ого яруса наращивания и бортами, съезды и заезды на дамбу, пляжная зона; трубопроводы (с обозначением диаметров) на дамбе и возле нее с переездами с отметками верха; КИА, линия освещения с опорами. 2. Исходные технологические данные: - выход отвальных хвостов 3 000 000 т/год

<table>
<tr><td></td><td></td><td>343 т/ч;
- консистенция хвостовой пульпы Т:Ж (по весу), здесь и далее для этого варианта значения приведены с учетом переработанной кислой воды
23 : 77;
- количество воды с хвостами
10 000 000 м3/год
1 142 м3/ч;
- расход хвостовой пульпы
11 111 000 м3/год
1 268 м3/ч;
- плотность хвостовой пульпы 1,2 т/м3;
- удельный вес частиц 2,60-2,80 т/м3;
- гранулометрический состав хвостов
<table><tr><td rowspan="2">Классы мм</td><td></td></tr><tr><td>Выход
%</td></tr><tr><td>”+0,200</td><td>0,60</td></tr><tr><td>”-0,200+0,140</td><td>4,25</td></tr><tr><td>”-0,140+0,100</td><td>7,1</td></tr><tr><td>”-0,100+0,071</td><td>7,8</td></tr><tr><td>”-0,071+0,044</td><td>9,35</td></tr><tr><td>”-0,044+0,032</td><td>5,1</td></tr><tr><td>”-0,032+0,016</td><td>13,75</td></tr><tr><td>”-0,016+0,008</td><td>24,5</td></tr><tr><td>”-0,008+0</td><td>27,55</td></tr><tr><td>Исходный</td><td>100</td></tr></table>
3. Сейсмические условия принять -9 баллов</td></tr>
<tr><td>3.</td><td colspan="2">Требования к документации</td></tr>
<tr><td>3.1</td><td>Требования к составу материалов</td><td>I. Пояснительная записка «Обоснование строительства 39 яруса ограждающей дамбы медно-пиритового хвостохранилища Маднеульского ГОКа».

II. Проект эксплуатации медно-пиритового хвостохранилища Маднеульского ГОКа на период складирования хвостов в емкость, образованную дамбой обвалования 39 яруса.
В составе проекта эксплуатации выполнить расчет устойчивости ограждающей дамбы на основное и особое сочетание нагрузок.

III. Проект мониторинга безопасности гидротехнических сооружений медно-пиритового хвостохранилища Маднеульского ГОКа на период складирования хвостов в емкость, образованную дамбой обвалования 39 яруса.

IV. Рабочая документация:</td></tr>
</table>

		a. на строительство дамбы обвалования яруса №39 и перекладку распределительного пульпопровода; b. на перекладку водооборотного трубопровода по борту хвостохранилища на отм. 884,0 м; c. на устройство контрольно-измерительной аппаратуры (пьезометров); d. на перенос линии освещения на дамбу обвалования 39 яруса **V. Основные технические решения по консервации хвостохранилища и рекультивации территории**
3.2	Требования по нормативным документам и правилам выполнения	- Распоряжение Министерства экономического развития Грузии №1-1 / 609 от 17 апреля 2007 г. об утверждении Правил безопасности минеральных и не минеральных полезных ископаемых, полезных ископаемых, агрегатных и минеральных заводов (глава XVII) - საქართველოს ეკონომიკური განვითარების მინისტრის ბრძანება №1-1/609 2007 წლის 17 აპრილი ქ. თბილისი „მადნეული და არამადნეული სასარგებლო წიაღისეულის სამსხვრევ-სახარისხებელი, მამდიდრებელი, სააგლომერაციო და მომგუნდავებელი ფაბრიკების უსაფრთხოების წესების“ დამტკიცების თაობაზე (თავი XVII) კუდების მეურნეობა - №384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений»; - 117-ФЗ «О безопасности гидротехнических сооружений» - ПБ-03-438-02. Правила безопасности накопителей жидких промышленных отходов. - СП 23.13330.2018 «Основания гидротехнических сооружений»; - СП 39.13330.2012 «Плотины из грунтовых материалов»; - СП 58.13330.2019 «Гидротехнические сооружения. Основные положения»; - СП 37.13330.2012 Промышленный транспорт - СП 75.13330.2011 Технологическое оборудование и технологические трубопроводы - другие действующие на территории Грузии документы и методические рекомендации, согласно которым должны выполняться работы по проектированию.
3.3	Срок выполнения:	1. Обоснование строительства (Пояснительная записка) – апрель 2024 г.; 2. РД на строительство 39 яруса – июнь 2024 г.; 3. Проект эксплуатации хвостохранилища – июль 2024 г. 4. Проект мониторинга безопасности хвостохранилища – август 2024 г.; 5. ОТР по консервации хвостохранилища – октябрь 2024 г.

3.4	Комплектность и требования к оформлению документации	Оформление рабочей документации выполнять в соответствии с требованиями ГОСТ Р 21.101-2020, ГОСТ 21.615-88 СПДС. Рабочую документацию представить Заказчику на бумажном носителе (2 экз.) и в электронном виде. Файлы должны быть предоставлены в форматах docx, xls, jpg, dwg, pdf.

РАЗРАБОТАЛ:

Заместитель управляющего директора
по производственным проектам — А. Патракеев

СОГЛАСОВАНО:

Управляющий директор по
производственным проектам — А. Немокаев

Директор по охране окружающей среды — М. Кварацхелия

Главный обогатитель — А. Кабардин

Начальник ОФ Маднеули — К. Кекелидзе

Руководитель геотехнического департамента — К. Бенашвили

Главному инженеру проекта

ООО «Мигруп Проект»

Бабич А.М.

Уважаемый Анатолий Михайлович!

Настоящим письмом сообщаем, что объем оборотной воды, подаваемый с хвостохранилища на обогатительную фабрику Маднеули составляет 80%, что соответствует 8000000 м^3/год.

Исполнительный директор RMG Copper Торнике Липартиа

Подготовил:

Кахабер Кекелидзе

Начальник ОФ Маднеули

т. +995 595 300 201

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
РАСЧЕТ КОЛИЧЕСТВА ОДНОВРЕМЕННО РАБОТАЮЩИХ ВЫПУСКОВ

Таблица Б.1 – Исходные данные

№	Наименование величин	Ед. изм.	Кол-во
1	Расчетный расход пульпы в распределительном пульповоде, $Q_р$	$м^3$/час	1268
		л/с	352,22
2	Количество твердого в пульпе, Т	т/час	343
		т/сут	8232
3	Отношение Т:Ж		23:77
4	Плотность частиц хвостов, $\gamma_{ск}$	$т/м^3$	2,70
5	Плотность пульпы, $\gamma_{п}$.	$т/м^3$	1,17
6	Диаметр распределительного пульповода	мм	450х26,7 (ПЭ)
7	Длины сосредоточенных сбросов, $L_{сбр}$: - С.С. №1 (торцевой сброс на левой нитке); - С.С. №2 - С.С. №3 (торцевой сброс на правой нитке)	м	 70 70 77
8	Диаметры сосредоточенных сбросов, $d_с$	мм	450х26,7 (ПЭ)
9	Длина распределительного пульповода между сосредоточенными сбросами, L: - от С.С. №2 до С.С. №1; - до С.С. №2; - до С.С. №3	м	 380 390 345
10	Диаметр распределительного выпуска, $d_в$	мм	108х5
11	Расстояние между распределительными выпусками (намывными), l	м	12
12	Длина намывного выпуска, $L_в$	м	20
13	Принятый гидравлический уклон: — для магистрального пульповода $J_м$ — для распределительного пульповода $J_р=1/3*J_м$	 м/м м/м	 0,0173 0,006

Таблица Б.2 – Расчет количества одновременно работающих распределительных выпусков DN100 на одной рабочей трубе при расходе пульпы 1268,0 м^3/ч

№	Расчетная формула и величина	Значение величины		
		Левая нитка намыва		Правая нитка намыва
		ПК4л+00 ÷ ПК7л+68	ПК0л+00 ÷ ПК4л+00	ПК0п+00 ÷ ПК3п+45
		1-й уч-к	2-й уч-к	3-й уч-к
1	Расчет при работающем сосред. сбросе диаметром DN, мм	400	400	400
	— длиной $L_{сбр}$, м	70,0	70,0	77,0
1.1	Потери напора по длине распред. пульповода: — на участке длиной L, м	380	390	345
	— потери $H_{расп} = 1/3 \times J_м \times L$, м	2,28	2,34	2,07
1.2	Расход пульпы через сосред. сброс $Q_{сбр}$, л/с	105,67		
	Скорость в сосред. сбросе Vc, м/с	0,841	0,841	0,841
	Удельные потери напора J_c, м.в.ст./м	0,00155	0,00155	0,00155
	Потери по длине сброса $H_{с.сбр} = L_{сбр} \times J_c$, м	0,11	0,11	0,11
1.3	Местные потери напора на вход в сосредоточенный сброс $H_{м.с.сбр} = \xi \times V^2 / 2g$, м	0,05	0,05	0,05
1.4	Напор на выходе из сосред. сброса $H_{вых}$, м	0,5		
1.5	Суммарные потери напора на сбросе $\sum H = H_{расп} + H_{с.сбр} + H_{м.с.сб} + H_{вых}$, м	2,91	2,97	2,71
1.6	Пропускная способность наиболее удаленного распред. выпуска (q_1), м^3/с *- определяется решением системы уравнений: $\begin{cases} J_в = 0{,}00107 \times (V_в)^2 / (d_в)^{1,3} \\ J_в = H_{ост} / L_в \end{cases}$ где: - $J_в$ - гидравлический уклон в выпуске - $V_в$- скорость на выпуске, м/с, $V_в$=q/ω, q-расход на выпуске, ω-сечение выпуска - $d_в$- диаметр выпуска - $L_в$ - длина выпуска - $H_{ост}$ -остаточный напор на выпуске длиной $L_в$, $H_{ост} = \sum H$ — $h_м$, м - $h_м$ - местные потери напора на выпуске $h_м = \xi \times V_в^2 / 2g$, ($\xi$ = 1,5)	0,019	0,019	0,018
2	Пропускная способность выпуска, удаленного от сосред. сброса на расстояние 12,0 м			
2.1	Потери напора по длине распределительного пульповода длиной L = 12 м: $H_{расп} = J_р \times L$, м	0,072		

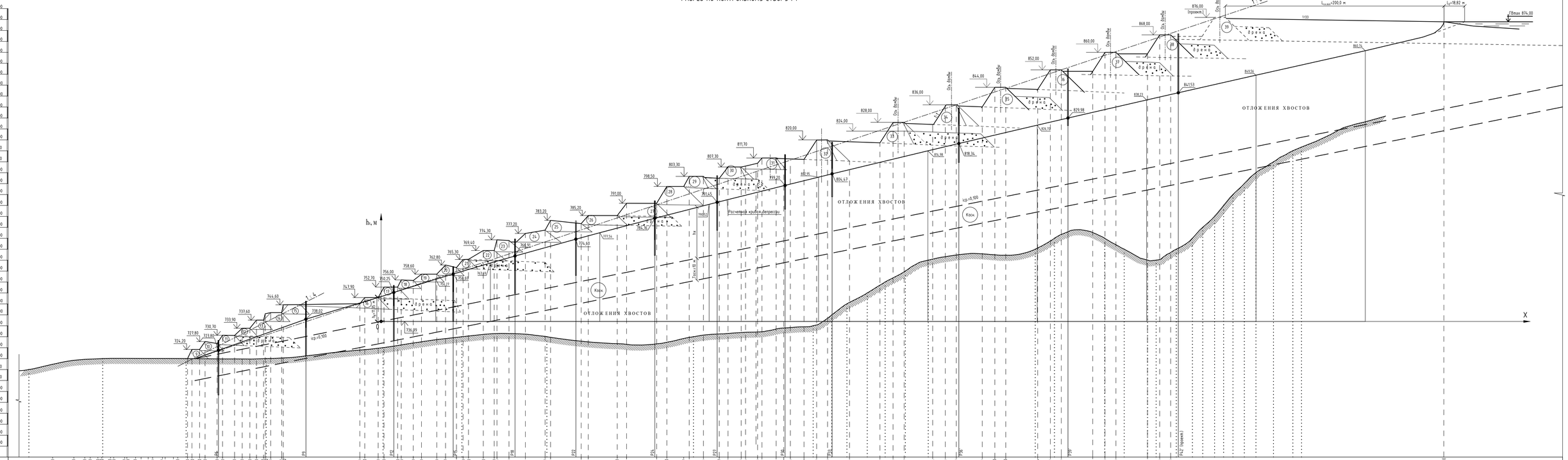
№	Расчетная формула и величина	Значение величины		
		Левая нитка намыва		Правая нитка намыва
		ПК4л+00 ÷ ПК7л+68	ПК0л+00 ÷ ПК4л+00	ПК0п+00 ÷ ПК3п+45
		1-й уч-к	2-й уч-к	3-й уч-к
2.2	Потери напора по длине сосред. сброса $H_{с.сб}$, м	0,11	0,11	0,11
2.3	Местные потери напора на вход в сосред. сброс $H_{м.с.сб}$, м	0,05	0,05	0,05
2.4	Напор на выходе из сосред. сброса $H_{вых}$, м	0,50		
2.5	Суммарные потери напора на выпуске $\sum H = H_{расп} + H_{с.сбр} + H_{м.с.сб} + H_{вых}$, м	0,70	0,70	0,71
2.6	Пропускная способность ближнего выпуска (q_2), $м^3/с$ (определяется аналогично п.1)	0,009	0,009	0,009
3	Средний расход пульпы при работающем сосредоточенном сбросе: $q_{ср} = (q_{п1}+q_{п2})/2$, $м^3/с$	0,014	0,014	0,014
	$м^3/ч$	50,621	50,970	49,565
	$м^3/сут$	1215	1223	1190
4	Среднее кол-во работающих выпусков **$n = Q_{р.в}/q_{ср}$**, шт. где: $Q_{р.в} = Q_р - Q_{с.сб} = 0,7 \times Q_р$	18	18	18

Таблица Б.3 – Определение времени намыва карт по участкам правой и левой ниток распределительных пульповодов при расходе пульпы 1268,0 м^3/ч

№	Расчетная формула	Значение величины		
		Левая нитка намыва		Правая нитка намыва
		ПК4л+00 ÷ ПК7л+68	ПК0л+00 ÷ ПК4л+00	ПК0п ÷ ПК2п+90
		1-й уч-к	2-й уч-к	3-й уч-к
1	**Количество твердого (Т), поступающее из одного выпуска** (учитывая, что через сосредоточенный сброс уходит 30% пульпы, $Q_{с.сб} = 30\%Q_р$ и при этом среднее $\gamma_п$ =1,14 т/м^3; Т:Ж = 23:77), т/сут $Т = q_{ср} \times \gamma_п / (Т + Ж)$	328,64	330,90	321,78
	Объем твердого из одного выпуска: $V_{тв}$=Т / $\gamma_{ск}$, м^3/сут	219,09	220,60	214,52
2	Намыв пляжа:			
	В период намыва принимаем, что через намывные выпуски в пруд поступает ~30% твердого, на пляже остается ~70% твердого: $V_{хв.вып.пл} = 0,7 \times V_{тв}$, м^3/сут	153,36	154,42	150,17
	Карта намыва L = n × 12 м	216	216	216
	Объем хвостов, уложенных на карте намыва L при длине надводного пляжа (минимальной) $B_{пл}$ = 300 м, составит: $V_{хв.п} = B_{пл} \times h_{сл} \times L = 300 \times h_{сл} \times L$			
	–при слое намыва 0,50 м, м^3	32400	32400	32400
	Время намыва карты: $t = V_{хв.п} / n \times V_{тв.в.пл}$			
	–слоем 0,50 м, сут.	12	12	12

ПРИЛОЖЕНИЕ В
ФИЛЬТРАЦИОННЫЕ РАСЧЕТЫ

ПРИЛОЖЕНИЕ В
РАЗРЕЗ ПО КОНТРОЛЬНОМУ СТВОРУ I-I



x, м	0	50	100	200	300	400	500	600	700	800	900	Гвmax=874,00м Lпл.=200,0м hб.=11,35м Lгр=18,82м i1=990,57м
hx, м	11,35	14,28	16,70	20,55	23,53	25,96	27,99	29,73	31,24	32,57	33,75	
Расчетная отм., м	748,34	756,27	763,69	777,54	790,52	802,95	814,98	826,72	838,23	849,56	860,74	

№ пьезометра	P6	P9	P12	P15	P18	P22	P24	P27	P30	P33	P36'	P39'	P42' (проект.)
Отметка ГВ расчетных, м	723,80	738,02	750,25	758,69	766,91	774,60	784,16	791,45	799,20	804,47	818,34	829,98	841,53

1. Расчетный пьезометрический уровень построен с применением характеристик грунтов: Кпл=0,0864м/сут. - для намывных грунтов тела дамбы; Кск=0,20м/сут.- для грунтов основания (средняя мощность подстилающего слоя суглинистых грунта 7-10м) и уточняется по полученю результатов инженерно-геологических изысканий (по фильтрационным свойствам намывных и насыпных грунтов тела дамбы).
2. Расчетная схема к расчету фильтрации принята для однородных плотины с наклонным дренажем на проницаемом наклонном основании ограниченной мощности (схема на рис.27, В.П.Недрига. Инженерная защита подземных вод от загрязнения промышленными стоками).

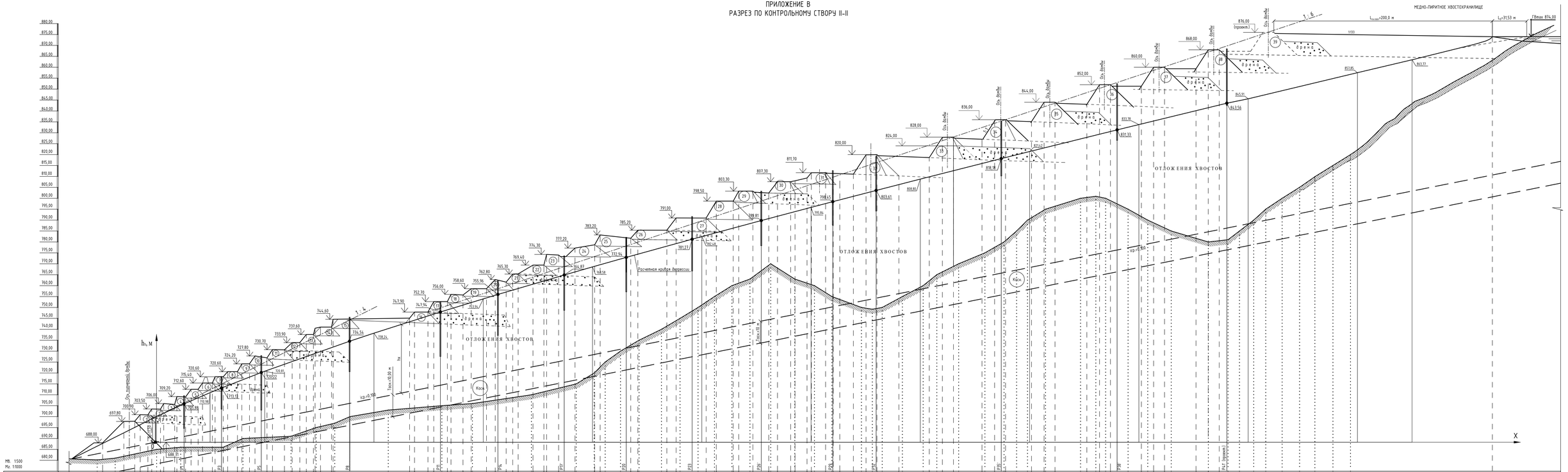
Изм.	Кол.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	09-04-235-ПЗХХ	Лист

Согласовано

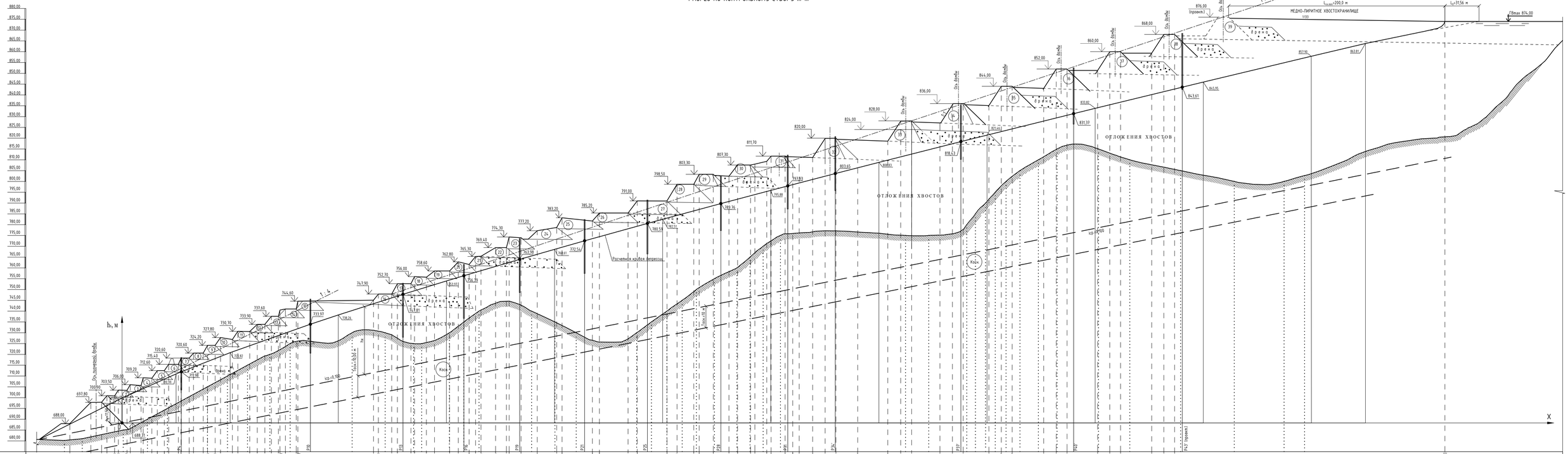
Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. №

Формат А2х3

ПРИЛОЖЕНИЕ В
РАЗРЕЗ ПО КОНТРОЛЬНОМУ СТВОРУ II–II


МЕДНО-ПИРИТНОЕ ХВОСТОХРАНИЛИЩЕ
ГВвод= 874,00
L=200,0 м
L=31,53 м
ГВпроект= 876,00
Ось дамбы
Ось дамбы
Ось дамбы

ПРИЛОЖЕНИЕ В
РАЗРЕЗ ПО КОНТРОЛЬНОМУ СТВОРУ III-III



Отметка дрейна дамб обвалования (пляжа), м	688,00	688,21	693,80	697,90	700,90	703,50	706,00	709,20	712,60	715,40	720,60	724,20	727,80	730,70	733,90	737,60	744,60	747,90	752,30	756,00	758,60	762,80	765,30	769,40	774,30	777,20	783,20	785,20	791,00	798,50	803,30	807,30	811,30	820,00	824,00	828,00	836,00	844,00	852,00	860,00	868,00	876,00 (проект)
Расстояние, м		19,4	10	5	7	8	6,5	4	9	7,5	4	9	4	7	5	11	5	11	7	9	6	6,5	5	10	70	12,3	12,5	11	7,5	14	8	10	6	5	13,5	10	11	15	18	5	28	6,5	26,5	8,5	27,5	9,3	15,5	25	15,5	14,5	8	12	4	11	13	7	6	12	12	10	20	27,9	12	10	26,10	11,6	10	24	11,5	10	29	11	10	28,3	11,2	10	28,8	11,2	10	250
Отметка поверхности земли, м	688,00	688,21	688,50	688,00	688,20	690,00	690,50	695,00	695,00	700,00	705,00	710,00	715,00	720,00	725,00	725,00	730,00	730,00	730,00	735,00	735,00	735,00	735,00	740,00	740,00	740,00	735,00	730,00	730,00	735,00	740,00	740,00	740,00	740,00	740,00	740,00	740,00	740,00	740,00	740,00	740,00	740,00
Расстояние, м		42,5	5	11,4	8	30	22,3	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	20,7	18,8	57,3	30,6	26,3	7,5	25,7	13,4	14,1	48,6	21,6	19,7	55,9	13,6	14,3	14,2	13,1	16,3	20,9	12,1	12,1	16,0	115,7	21,5	35,2	8,0	9,4	8,9	10,0	12,9	17,0	17,3	38,3	29,1	47,1	49,5	46,1	18,9

x, м	0	50	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1150	Гбмах=834,00м Lпл.=200,0м hб.=11,50м Lо.=31,56м L2=1255м
hх, м	11,50	17,68	22,51	29,95	35,66	40,30	44,20	47,57	50,52	53,15	55,51	57,64	59,59	60,50	
Расчетная отм., м	699,81	710,99	720,82	738,26	753,97	768,61	782,51	795,88	808,83	821,46	833,82	845,95	857,90	863,81	

№ пьезометра	P4	P10	P13	P16	P19	P21	P25	P28	P31	P34'	P37'	P40'	P43' (проект)
Отметка ГВ расчетная, м	711,98	733,97	747,81	756,39	763,98	772,54	780,59	789,76	797,93	803,65	818,43	831,37	843,61

1. Расчетный пьезометрический уровень построен с применением характеристик грунтов: Кф=0,0864м/сут. – для намывных грунтов тела дамбы, Кф=0,20м/сут. – для грунтов основания (средняя толщина подстилающего слоя суглинистого грунта 7-10м) и уточняется по получению результатов инженерно-геологических изысканий (по фильтрационным свойствам намывных и насыпных грунтов тела дамбы).
2. Расчетная схема к расчету фильтрации принята для однорядной плотины с наклонным дренажем на проницаемом наклонном основании ограниченной мощности (схема на рис.27, В.П.Нефраса. Инженерная защита подземных вод от загрязнения промышленными стоками).

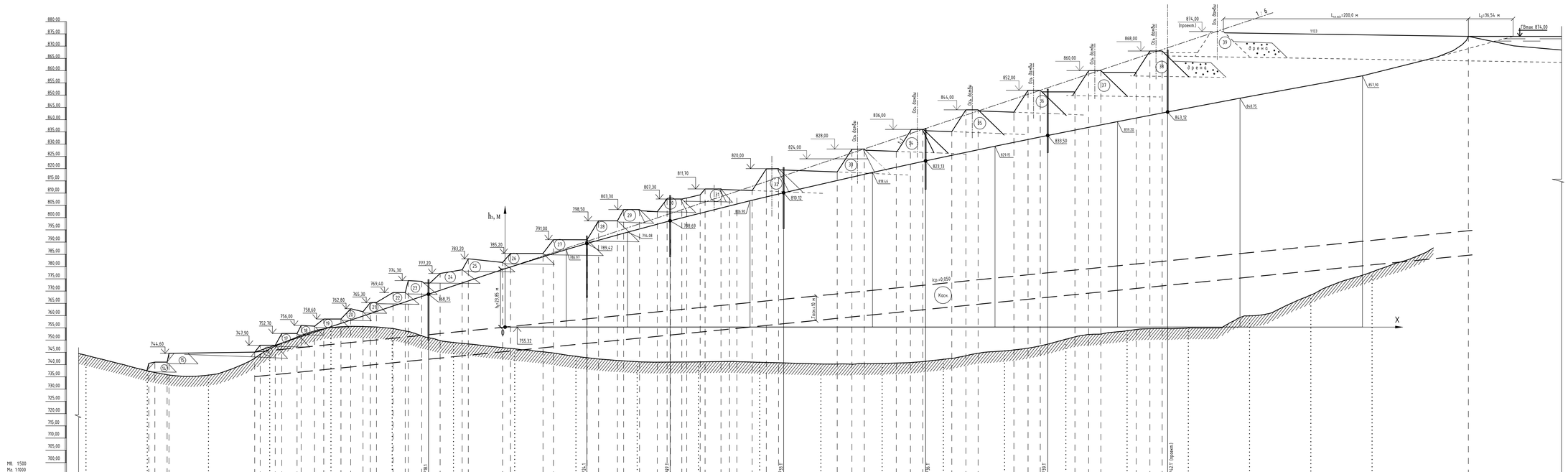
Изм.	Кол.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	09-04-235-ПЭХХ	Лист

Согласовано

Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. №

Формат А2х3

ПРИЛОЖЕНИЕ В
РАЗРЕЗ ПО КОНТРОЛЬНОМУ СТВОРУ IV–IV


Hн, м
hн=23,85 м
Ось дамбы
Ось дамбы
Ось дамбы

ПРИЛОЖЕНИЕ Г
РАСЧЕТНАЯ ОЦЕНКА СТАТИЧЕСКОЙ И СЕЙСМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ДАМБЫ ХВОСТОХРАНИЛИЩА МАДНЕУЛИ ПО СТВОРУ В-В В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ GEOSTUDIO 2018

Расчеты статической и сейсмической устойчивости дамбы хвостохранилища были выполнены в программном комплексе GeoStudio 2018.

Расчеты сейсмической устойчивости дамбы были выполнены с использованием двух различных подходов: псевдостатического (путем задания коэффициентов динамической сейсмичности) и с использованием положений динамической теории сейсмостойкости (путем задания расчетных акселерограмм землетрясений).

При выполнении расчетов статической устойчивости сооружения, а также при оценке сейсмической устойчивости с использованием псевдостатического похода в качестве расчетного был выбран метод Моргенштерна-Прайса.

В расчетах были рассмотрены следующие расчетные случаи:

– Основной: сейсмическая нагрузка отсутствует, положение депрессионной поверхности соответствует данным натурных наблюдений, характеристики грунтов приняты для консолидированного состояния.

– Особый: сейсмическая нагрузка, заданная с использованием акселерограмм сейсмического воздействия интенсивностью 8 баллов, положение депрессионной поверхности соответствует данным натурных наблюдений характеристики грунтов приняты для консолидированного состояния.

Все характеристики грунтов были приняты по данным отчета шифр 20/195-ИГИ «Производство инженерно-геологических и инженерно-геофизических изысканий (сейсмическое микрорайонирование) по существующему медно-пиритовому хвостохранилищу в республике Грузия» (ООО «Нефтегазпроектстрой», г. Ставрополь, 2021»), с учетом результатов дополнительных инженерно-геологических изысканий, изложенных в отчете шифр 24/01/2023-ИГИ «Технический отчёт на выполнение дополнительных инженерно-геологических изысканий» (ООО «Ставпроектстрой», г. Ставрополь, 2023).

Таблица Г.1 – Принятые в расчетах значения физико-механических характеристик грунтов тела и основания дамбы хвостохранилища

№ п.п.	Наименование грунта	Год	γ, кН/м³	ϕ, °	c, кПа	E, МПа
Щ	Щебенистый грунт серый	Аналог	21.0	32	72	40
1	Техногенный намывной слой, представлен песком плотным, водонасыщенным, пылеватым, t Q IV nm	2021	21.6	48.23	1.81	13.0
		2023	21.6	46.6	2.2	15.7÷83.3

№ п.п.	Наименование грунта	Год	γ, кН/м³	ϕ, °	c, кПа	E, МПа
2	Песок мелкий плотный водонасыщенный	2021	21.8	48.52	9.33	13.6
3	Песок пылеватый рыхлый малой степени	2021	17.0	44.60	1.64	11.5
4	Песок средней плотности, пылеватый, водонасыщенный	2021	20.4	48.72	2.29	13.1
5	Техногенный намывной слой, представлен супесью пластичной, t Q IV nm	2021	20.9	41.26	6.72	9.7
		2023	20.9	41.2	8.3	12.2÷48.6
6	Техногенный намывной слой, представлен супесью текучей, tQ IV nm	2021	20.7	44.49	8.56	10.5
		2023	20.7	43.4	8.9	14.0÷71.4
7	Супесь песчанистая, твердая	2021	21.5	43.53	7.49	15.7
8	Техногенный намывной слой, представлен суглинком легким тугопластичным	2021	20.3	38.66	9.78	10.3
		2023	20.3	41.4	9.1	15.9÷73.8
9	Техногенный намывной слой, представлен суглинком легким мягкопластичным	2021	19.7	40.15	2.76	6.9
		2023	19.7	41.4	9.1	10.9÷63.4
10	Техногенный намывной слой, представлен суглинком легким текучепластичным	2021	19.4	41.46	6.79	6.0
		2023	19.4	41.7	9.3	10.1÷71.1
11	Суглинок тяжелый полутвердый щебенистый		19.5	33.37	15.38	4.8
12	Туфы и туфобрекчии умеренно выветрелые и прочные		24.3	Использована линейно-упругая модель грунта		106

Примечания:

1. *Расчётные значения физико-механических свойств щебенистых грунтов дамб ярусов были приняты по аналогам.*
2. *В таблице указаны значения модулей деформации, приведённых в указанных выше технических отчётах 20/195-ИГИ и 24/01/2023-ИГИ. Модули деформации ряда грунтов были заданы в виде зависимостей от глубины, полученных по результатам лабораторных исследований при соответствующих нагрузках. В таблице приведён диапазон модулей деформации.*

При особом расчетном случае (сейсмическое воздействие интенсивностью 8.00 баллов) в качестве расчетных значений коэффициентов динамической сейсмичности были приняты: по горизонтали 0.12g, по вертикали 0.08g.

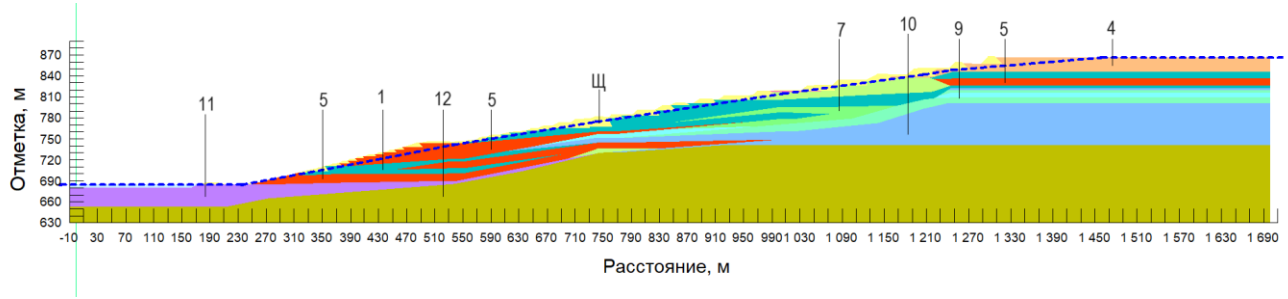


Рисунок Г.1 – Схема расположения ИГЭ в границах расчетной области (нумерация ИГЭ принята согласно отчетам шифр 20/195-ИГИ и 24/01/2023_ИГИ)

Ниже на рисунках Г.2, Г.3 показаны потенциальные поверхности обрушения внешнего откоса дамбы для описанных выше расчетных случаев.

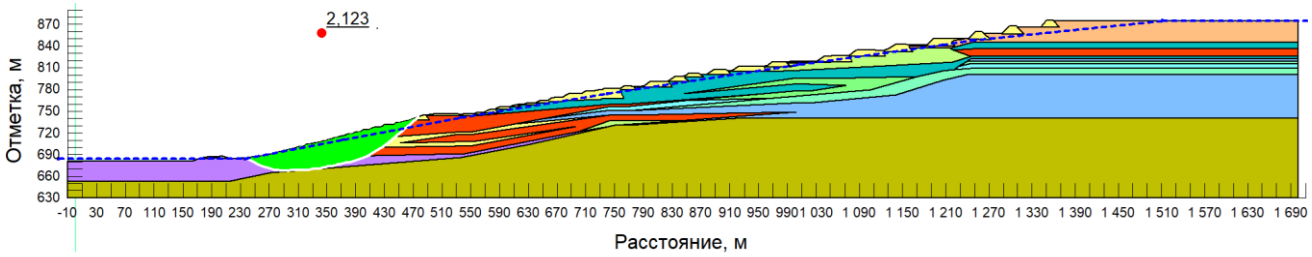


Рисунок Г.2 – Расчётное положение потенциальной поверхности обрушения внешнего откоса дамбы хвостохранилища, основной расчётный случай, k_s=2.123

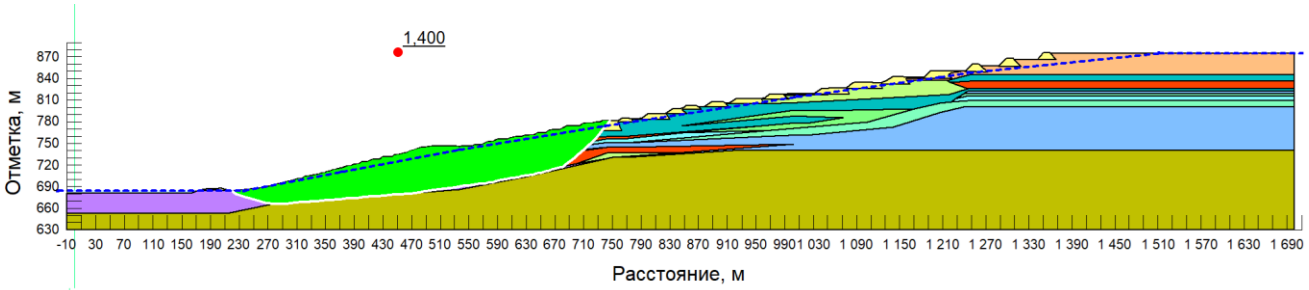


Рисунок Г.3 – Расчетное положение потенциальной поверхности обрушения внешнего откоса дамбы хвостохранилища, особый-3 расчётный случай (сейсмическое воздействие интенсивностью 8 баллов), k_s=1.400

Из рисунков Г.2, Г.3 видно, что согласно псевдостатическому подходу, при отсутствии сейсмической нагрузки, и при сейсмическом воздействии интенсивностью 8 баллов расчетное значение коэффициента устойчивости внешнего откоса дамбы отвечает требованиям, предъявляемым к сооружениям I класса. Расчетное значение коэффициента устойчивости внешнего откоса дамбы значительно выше требуемого (1.250 – для основного сочетания нагрузок, 1.187 – для особого сочетания нагрузок).

При выполнении расчетной оценки сейсмической устойчивости дамбы **с помощью динамической теории** сейсмостойкости расчеты выполнялись в следующей последовательности:

– определялось начальное статическое напряженно-деформированное состояние сооружения;

– определялось напряженное состояние сооружения при сейсмических воздействиях, с использованием акселерограмм землетрясения «4_NORTHERN_ITALY_2012.06.03», предоставленных в отчете «Оценка сейсмической опасности и геофизические исследования Маднеульского хвостохранилища и примыкающей территории в поселке Казрети» (Тбилисский государственный университет им. Иванэ Джавахишвили, Институт геофизики им. Михаила Нодиа. Тбилиси, 2018 г.);

– выполнялся расчет остаточных смещений тела дамбы и ее основания.

Сейсмическое воздействие было разбито на 1500 расчетных шагов. На каждом шаге выполнялись расчеты напряженно-деформированного состояния плотины под действием сейсмической нагрузки. В качестве расчетной модели грунтов тела плотины и основания была выбрана линейно-эквивалентная модель. Коэффициент затухания определялся методом Исибаси и Чжанга [Ishibashi, I., and Zhang, X. 1993, Unified Dynamic Shear Moduli and Damping Ratios of Sand and Clay, Soils and Foundations, Vol. 33, No.1, pp. 182-191].

После определения напряженно-деформированного состояния тела и основания дамбы под действием сейсмической нагрузки, определялись остаточные смещения. В каждом узле расчетной схемы определялась разница сейсмического напряженного состояния на двух соседних временных шагах. Эта разница затем использовалась как внешняя нагрузка. Таким образом, на каждом временном шаге определялись упругие и неупругие деформации, последние затем суммировались.

Ниже на рисунке Г.4 показаны суммарные остаточные смещения тела и основания дамбы хвостохранилища при сейсмическом воздействии интенсивностью 8 баллов.

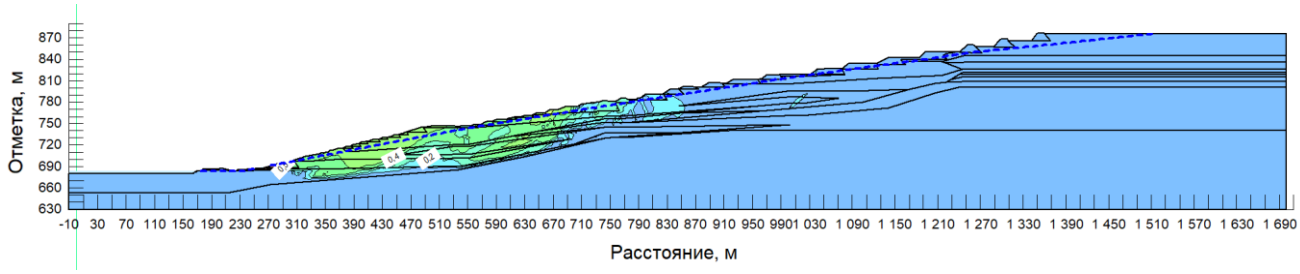


Рисунок Г.4 – Картина распределения остаточных суммарных смещений тела дамбы при сейсмическом воздействии интенсивностью 8 баллов

Из рисунка Г.4 видно, что максимальные расчетные значения суммарных остаточных смещений тела дамбы при сейсмическом воздействии интенсивностью 8 баллов составили 0.5 м, т.е. сооружение будет устойчиво.

Расчетные значения вертикальных остаточных смещений крайних точек гребня дамбы при сейсмических воздействиях интенсивностью 8 баллов составили 0.14 м.

ВЫВОДЫ

1. При условии нахождения грунтов тела и основания дамбы в консолидированном состоянии, статическая устойчивость ее внешнего откоса является обеспеченной.
2. Устойчивость внешнего откоса дамбы при расчетном сейсмическом воздействии интенсивностью 8 баллов обеспечивается как при использовании псевдостатического подхода, так и при использовании современной динамической теории сейсмостойкости.
3. Наиболее слабым с точки зрения устойчивости является участок дамбы ниже отм. 744.00 м, что связано с особенностью конструкции намывной дамбы (ниже этой отметки низовой откос имеет генеральный уклон 1:4, выше – 1:6), а также с залеганием в основании дамбы суглинистых грунтов.

Условные обозначения

- Трубопровод слива воды, DN500
- Наземный трубопровод слива воды, DN150
- Водозаборный трубопровод (от реки Машавера), DN500
- Водовод оборотной воды, DN500
- Пульповод, DN400
- P38' — Пьезометр и его номер
- R38' — Репер, его номер
- Фонарь на столбе
- ЛЭП

Отстойный пруд 180 тыс. м²
Отм. уреза воды 858.10 м
(по состоянию на 08.01.2024 г.)

Контрольный створ 3
Контрольный створ 2
Контрольный створ 1
Контрольный створ 4
39 ярус (перемещается)
38 ярус
37 ярус
36 ярус
35 ярус
34 ярус
33 ярус
32 ярус
31 ярус
30 ярус
29 ярус
28 ярус
27 ярус
26 ярус
25 ярус
24 ярус
23 ярус
22 ярус
21 ярус
20 ярус
19 ярус
18 ярус
17 ярус
16 ярус
15 ярус
14 ярус
13 ярус
12 ярус
11 ярус
10 ярус
9 ярус
8 ярус
7 ярус
6 ярус
5 ярус
4 ярус
3 ярус
2 ярус
1 ярус

Насос
Помпа
Резервуар слива воды
Железнодорожный арочный мост
Насосная станция
Зумпф
Аварийный бассейн

N4583000
N4582900
N4582800
N4582700
N4582600
N4582500
N4582400
N4582300
N4582200
N4582100
N4582000
E4450000
E4450400
E4450800
E4451200
E4451600
E4452000
E4452400
E4452800
E4453200
E4453600
E4454000
E4454400
E4454800

Согласовано
Взам. инв. №
Подп. и дата
Инв. № подл.

Формат: A1