ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ

«МИГРУП ПРОЕКТ»

Заказчик – JSC «RMG COPPER»

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

ОБОСНОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА 39 ЯРУСА ОГРАЖДАЮЩЕЙ ДАМБЫ

09-04-235-ГР.ПЗ

Изм.	№ док.	Подп.	Дата

Генеральный директор Н.А. Бабич

Главный инженер проекта А.М. Бабич

Санкт-Петербург

2024

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.
Инженер		С.К. Котяхова	04.2024 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 4
1 Общие сведения о месторасположении объекта, составе сооружений хвостового хозяйства и дамбе медно-пиритного хвостохранилища 6
2 Оценка устойчивости хвостохранилища 8
3 Основные данные по проектируемой дамбе обвалования 39 яруса 10
Приложение А Техническое задание на проектирование 13
Приложение Б Расчетная оценка статической и сейсмической устойчивости дамбы хвостохранилища Маднеули в программном комплексе Geostudio 2018 17

ВВЕДЕНИЕ

Настоящая документация разработана 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) Техническое задание на проектирование приведено в Приложении А.

В настоящей документации представлены решения по возведению 39го яруса дамбы обвалования хвостохранилища, приведены результаты расчетов устойчивости грунтового сооружения как на основное, так и на особое сочетание нагрузок при расчетном сейсмическом воздействии 8 баллов.

Обогатительная фабрика Маднеули JSC «RMG Copper» и медно-пиритное хвостохранилище эксплуатируются с 1975 года. Хвостохранилище построено по проекту института Механобр (ЗАО МИ).

В настоящее время для создания емкости на ближайший временной период необходимо строительство очередного 39 яруса ограждающей дамбы хвостохранилища для складирования хвостов с обеспечением условий безопасной эксплуатации хвостохранилища.

Данная пояснительная записка разработана в дополнение к Проекту эксплуатации хвостохранилища, для прохождения экспертизы в соответствующих государственных органах Грузии.

Проектные решения соответствуют законодательству Грузии, в том числе приказу № 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» и «приказ № 1-1/609 министра экономики и устойчивого развития Грузии от 17 апреля 2007 года «Об утверждении Правил безопасности для дробильно-сортировочных, агломерационных и обогатительных заводов», также «О правилах безопасности гидротехнических сооружений накопителей жидких промышленных отходов» ПБ 03-438-02.

При разработке проекта использованы материалы:

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

1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МЕСТОРАСПОЛОЖЕНИИ ОБЪЕКТА, СОСТАВЕ СООРУЖЕНИЙ ХВОСТОВОГО ХОЗЯЙСТВА И ДАМБЕ МЕДНО-ПИРИТНОГО ХВОСТОХРАНИЛИЩА

Медно-пиритное хвостохранилище расположено на расстоянии ~2,5 км от ОФ в долине ручья Болис-Хеви. Русло ручья слабоизвилистое. Средний уклон ручья по тальвегу – 0,06÷0,09. Склоны долины покрыты лесом; наклон бортов от 15° до 45°. Абсолютные отметки рельефа в пределах 700÷950 м.

Климат района умеренно-теплый, сухой. Влажность и среднегодовая температура воздуха в разных местах района различны. Среднегодовая температура воздуха плюс 10°С. Абсолютный минимум температур воздуха минус 26°С, абсолютный максимум температур плюс 38°С. Средняя температура наиболее холодных суток минус 13°С. Средняя температура наиболее холодной пятидневки минус 10°С.

Среднегодовая 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 до 15 м/с.

В геолого-литологическом строении площадки хвостохранилища и трасс принимают участие суглинки с дресвой и щебнем мощностью 1-3 м, прослойки элювиальных щебенистых грунтов мощностью до 2,5 м, и скальные грунты, представленные слаботрещиноватыми туфопесчаниками.

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.

Ситуационный план сооружений хвостового хозяйства и план хвостохранилища приведены на чертежах 09-04-235-ГР.

Эксплуатация хвостохранилища включает в себя работу следующих элементов (систем) хвостового хозяйства:

– системы гидравлической укладки хвостов,

– системы гидротранспорта хвостов,

– системы оборотного водоснабжения,

– системы охраны окружающей среды.

В данном проекте приведено обоснование строительства дамбы обвалования 39 яруса, до отметки 876,0 м, и системы гидравлической укладки хвостов.

Медно-пиритное хвостохранилище образовано первичной ограждающей дамбой высотой до 15 м, протяженностью 180 м с отметкой гребня 698 м. Хвостохранилище по способу заполнения – намывного типа. Наращивание хвостохранилища для последующего намыва производится с предварительной отсыпкой дамбы обвалования для организации очередного яруса намыва. Строительство дамб обвалования до

отм. 868,0 м производилась в соответствии с проектами АО «Механобр Инжиниринг» и ООО «Мигруп Проект». Конструкция дамб обвалования принята неизменной в течение всего периода эксплуатации.

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.

Ограждающие дамбы отсыпаются из местного скального грунта с экраном из хвостов, на намытый пляж предыдущего яруса.

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.

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

На гребне дамбы на железобетонных опорах проложен распределительный пульповод. Намыв хвостов производится с гребня дамбы обвалования через распределительные выпуски DN100, установленные с шагом 12 м. Интенсивность намыва хвостов переменная, в настоящее время составляет около 3,6-4,2 м/год.

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

Состояние ограждающей дамбы хвостохранилища удовлетворительное.

2 ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ 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).

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).

Расчеты устойчивости выполнены по створу ограждающей дамбы, проходящему по тальвегу долины ручья Болис-Хеви. Дамба хвостохранилища имеет наибольшую высоту в расчетном створе.

Результаты расчетов представлены в таблице 2.1. 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 2.1

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 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 не менее 2,0 м, в соответствии с требованиями п. 50, 52 «Правил безопасности при эксплуатации хвостовых и шламовых хозяйств горнорудных и нерудных предприятий» (утв. Госгортехнадзором СССР 22.12.1987 г.).

Все выполненные расчеты подробно изложены в Приложении Б к данному документу.

3 ОСНОВНЫЕ ДАННЫЕ ПО ПРОЕКТИРУЕМОЙ ДАМБЕ ОБВАЛОВАНИЯ 39 ЯРУСА

Проектом предусматривается строительство дамбы обвалования 39 яруса из скальных грунтов с экраном из хвостов.

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.

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.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ

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

СОГЛАСОВАНО:
Генеральный директор ООО «Мигруп Проект»
Н.А. Бабич
_____
«___» _____ 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

16

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
РАСЧЕТНАЯ ОЦЕНКА СТАТИЧЕСКОЙ И СЕЙСМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ДАМБЫ ХВОСТОХРАНИЛИЩА МАДНЕУЛИ 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 Б.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 баллов) в качестве расчетных значений коэффициентов динамической сейсмичности были приняты: по горизонтали 0.12g, по вертикали 0.08g.

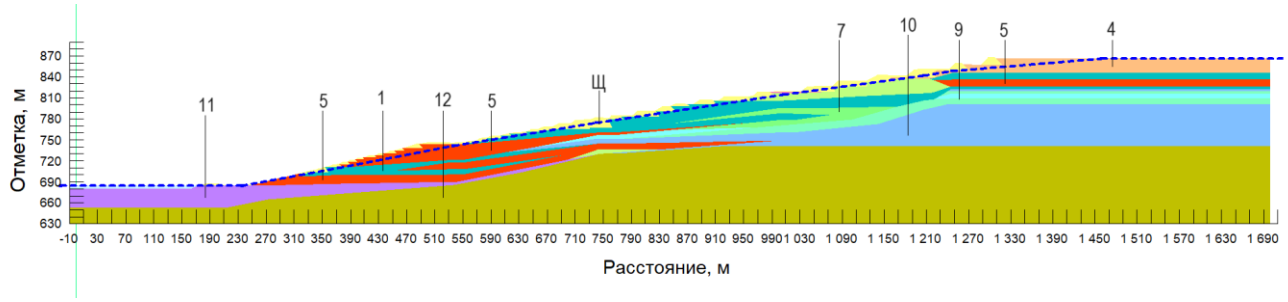


Рисунок Б.1 – Схема расположения ИГЭ в границах расчетной области (нумерация ИГЭ принята согласно отчетам шифр 20/195-ИГИ и 24/01/2023_ИГИ)

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

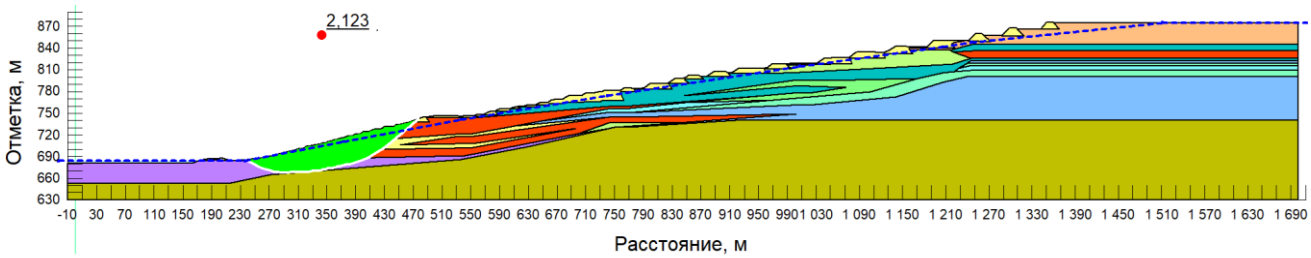


Рисунок Б.2 – Расчётное положение потенциальной поверхности обрушения внешнего откоса дамбы хвостохранилища, основной расчётный случай, k_s=2.123

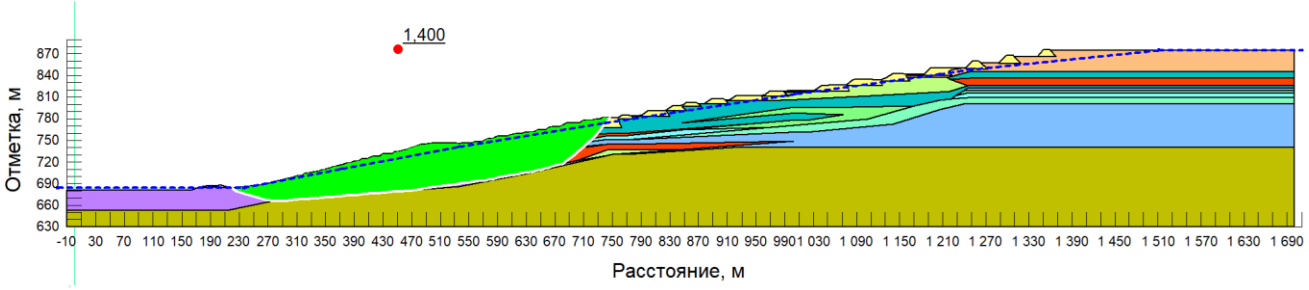


Рисунок Б.3 – Расчетное положение потенциальной поверхности обрушения внешнего откоса дамбы хвостохранилища, особый-3 расчётный случай (сейсмическое воздействие интенсивностью 8 баллов), k_s=1.400

Из рисунков Б.2, Б.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 Б.4 показаны суммарные остаточные смещения тела и основания дамбы хвостохранилища при сейсмическом воздействии интенсивностью 8 баллов.

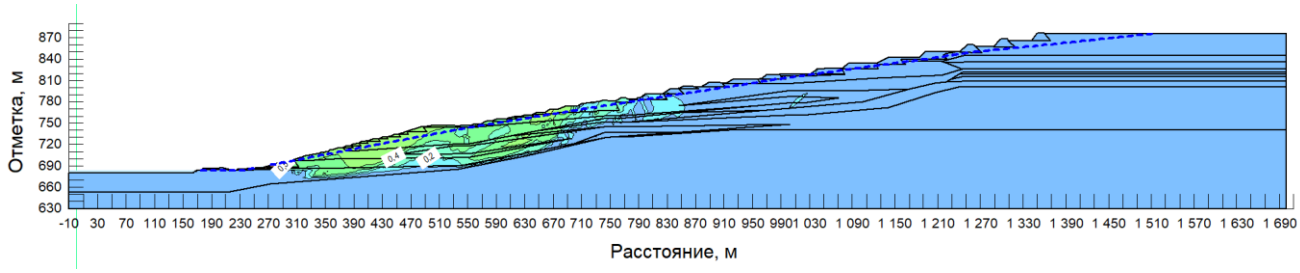


Рисунок Б.4 – Картина распределения остаточных суммарных смещений тела дамбы при сейсмическом воздействии интенсивностью 8 баллов

Из рисунка Б.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.