

**НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК КЫРГЫЗСКОЙ  
РЕСПУБЛИКИ**

**Институт машиноведения, автоматике и геомеханики  
Жалалабадский государственный университет им. Б. Осмонова  
Диссертационный совет Д 25.24.709**

На правах рукописи  
УДК622.693.26

**ДЖАКУПБЕКОВ БЕЛЕК ТОРОКУЛОВИЧ**

**Обоснование устойчивости породных отвалов  
при освоении высокогорных месторождений**

Специальность:25.00.20 – «Геомеханика, разрушения пород взрывом,  
рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика»

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Бишкек - 2025

Работа выполнена в институте геомеханики и освоения недр НАН КР

**Научный руководитель:** академик НАН КР, д.т.н., профессор  
**Кожогулов Камчыбек Чоңмурунович**

**Официальные оппоненты:** доктор технических наук, профессор

\_\_\_\_\_

кандидат технических наук

\_\_\_\_\_

**Ведущая организация:**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ г. Бишкек

Защита состоится «\_\_\_» декабря 2025 г. в \_\_\_<sup>00</sup> часов на заседании диссертационного Совета Д **25.24.709** в Институте геомеханики и освоения недр НАН Кыргызской Республики, по адресу: 720055, г.Бишкек

ул. Скрабина, 23

Факс +996(312)54-11-17

E-mail: igion.nankr@gmail.com

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института машиноведения, автоматике и геомеханики НАН Кыргызской Республики, г. Бишкек, ул. Скрабина, 23

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
канд. техн. наук

Кадыралиева Г.А.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы диссертации.** В настоящее время в Кыргызской Республике одним из приоритетных направлений развития экономики является решение задач рационального использования и охраны недр. Отличительной особенностью как эксплуатируемых, так и проектируемых месторождений является то, что они нагорные (Кумтор, Чаарат, Джеруй и др) и размещение отвалов подлежит расчету при котором учитываются и свойства склона и отвальной породы.

Деформирование участков отвала нагорных карьеров обусловлено действием природных и техногенных факторов. Формы и интенсивность проявления деформаций зависят от геодинамики региона и тектоники месторождения, геологических и гидрогеологических факторов, а также вида техногенных воздействий.

Причины деформаций отвалов имеют ряд специфических особенностей, обусловленные тем, что складированию отвалов подлежат массивы пород склонов, имеющие сложную историю формирования и геологическое строение. Геомеханическое состояние непосредственно склона постоянно меняется, а при строительстве и эксплуатации нагорного карьера изменяется и запас устойчивости.

В мире встречаются оползни отвалов, которые становятся причиной человеческих жертв. Так катастрофа в Аберфане (Великобритания, 1966 г.) унесла жизни 144 человек, в том числе 116 детей, В Кузбассе (2019 г.) после схода оползня с отвала перекрыто русло реки, что доставило много хлопот и затрат на восстановления прежнего его течения. Оползни на отвалах зарегистрированы и в Кемеровской, Самаровской областях РФ и т.д.

Такого рода чрезвычайные происшествия случались и на территории Кыргызстана, так в 2019 году на руднике Кумтор произошел сход горных отвалов, в последствии чего погибли 2 человека.

Вопросам изучения отвалов, на горизонтальном основании посвящены многочисленные исследования ученых как российских, так и дальнего зарубежья, а отвалам на горных склонах не уделялось должного внимания. В связи с чем исследования устойчивости отвалов на склоне является актуальной.

**Связь темы диссертации** с приоритетными научными направлениями, крупными научными программами (проектами), основными научно-исследовательскими работами, проводимыми образовательными и научными учреждениями. Диссертация выполнена в соответствии с планом научно-исследовательских работ (рег №0007852 от 2020 года) Института геомеханики и освоения недр НАН КР по проекту «Научное обоснование и разработка рекомендаций по эффективному освоению месторождений полезных ископаемых в высокогорных районах Кыргызской Республики» на период с 2021-2023 года.

**Целью настоящей работы является:** разработка методики расчета и обоснование устойчивости породных отвалов Кумторского месторождения

**Задачи исследования:**

1. Выполнить ретроспективный анализ методов оценки устойчивости породных отвалов на высокогорных месторождениях
2. Определить физико механических свойств отвалов и пород его основания при разработке месторождений Кумтор.
3. Разработать методику расчета устойчивости отвалов с учетом сейсмичности региона.
4. Обосновать трехмерную модель с учетом геометрических параметров и объема годовой отсыпки вскрышных пород.
5. Определить параметры и оценить устойчивость породных отвалов на Кумторском месторождении.
6. Разработать рекомендации по размещении породных отвалов Кумторского месторождения.

**Научная новизна** полученных результатов заключается в следующем:

- Установлены основные факторы, влияющие на устойчивость породных отвалов;
- Разработана методика оценки устойчивости отвалов с учетом сейсмичности;
- Установлена зависимость параметров отвала от объема отгружаемых пород;
- Оценена устойчивость отвала с учетом сейсмичности региона, инженерно-геологических особенностей склона;
- Выявлена зависимость параметров отвала от объема отгружаемых пород;
- Разработана и обоснована цифровая модель склона и отвала позволяющая оперативно оценить устойчивость вскрышных пород на склоне.

**Практическая значимость полученных результатов:**

- Установленные геометрические параметры отвала позволяют оценить предельно допустимый объем вскрышных пород на склоне.....;
- Определены физико-механические свойства грунтов отвала позволяет принимать решения для безопасного размещения отвалов на склоне;
- Практические рекомендации по размещению отвалов внедрены в месторождение Кумтор.

**Основные положения диссертации, выносимые на защиту:**

1. Одним из основных факторов, влияющих на устойчивость породных отвалов является сейсмичность региона. Ввиду этого, что территория, где расположены породные отвалы Кумторского месторождения относится сейсмоактивным областям это для максимально достоверной оценки устойчивости его отвалов, предлагается эффект от

землетрясения моделировать путем введения дополнительной силы, зависящей от коэффициента сейсмичности и удельного веса грунта отвала;

2. Использование программного комплекса GeoStudio slope/w в условиях сложного рельефа местности расположенных отвалов и построение 3Д-модели местности применяя программу SketchUp позволяет обоснованно вычислять коэффициент запаса устойчивости и построить критическую поверхность скольжения породных отвалов по методу Morgenштерн-Прайса.

**Личный вклад соискателя состоит в** проведении ретроспективного анализа оценки устойчивости отвалов горных пород. Лабораторных исследованиях по определению физико-механических свойств грунтов отвальной породы и основания под отвал, расчете геометрических параметров отвалов вскрышных пород для создания трехмерного модели, при котором обеспечивается устойчивость отвалов, получены изолинии разрезов и сечений для расчета коэффициента устойчивости отвалов. (Реализация результатов работы)

**Апробация результатов исследования.** Основные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на Международной конференции, посвященной 90 - летию Ч.Т.Айтматова (г. Бишкек, ИГИОН, 2018 г.), на Международной научно-практической конференции посвященной 70-летию профессора К.Ч.Кожогулова (г.Бишкек, ИГИОН, 2020 г.), на Всероссийской научной конференции с международным участием «Геодинамика и напряженное состояния недр земли» посвященной 90 летию академика РАН М.В.Курлени (г. Новосибирск, ИГД СОРАН, 2021г.), на 17-ой Азиатской региональной конференции по механике грунтов и геотехнике, (Астана, Казахстан), Smart Geotechnics for Smart Societies, Proceedings of the 17th Asian Regional Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (17th ARC, Astana, Kazakhstan, 14-18 August, 2023), на Всероссийской научной конференции с международным участием “Геодинамика и напряженное состояние недр земли” (г. Новосибирск, ИГД СОРАН, 4-6 октября 2023 г.), С 2013 по 2023 годы результаты исследований докладывались на заседаниях лаборатории «Управление геомеханическими процессами». В завершеном виде работа докладывалась на расширенном заседании данной лаборатории геомеханики и освоения недр НАН КР в 2023 году.

**Полнота отражения результатов диссертации в публикациях.** По теме диссертации опубликовано 7 статей (в том числе 1 Skopus K.Ch. Kozhogulov, V.T. Djakupbekov., Calculation of the parameters of the base of waste rock dumps on a mountain slope.// Smart Geotechnics for Smart Societies – Zhussupbekov, Sarsembayeva & Kaliakin (Eds), © 2023 The Author(s), ISBN 978-1-003-29912-7, Open Access: [www.taylorfrancis.com](http://www.taylorfrancis.com), CC BY-NC-ND 4.0 license p.-867-870).

**Структура и объем диссертации.** Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав и выводов, изложенных на 150 страницах, содержит 25 рисунков, 24 таблицы, 110 наименований библиографии.

Автор выражает глубокую благодарность научному руководителю академику НАН КР, д.т.н., профессору К.Ч.Кожогулова за постановку задач, ценные советы и помощь при выполнении работы. Автор также признателен д.т.н. О.В. Никольской за оказанное содействие и помощь.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обоснована актуальность темы, определены цели и задачи, приведены основные положения диссертационной работы.

**В первой главе** выполнен ретроспективный анализ литературных источников по формированию отвалов при освоении высокогорных месторождений и приведены горно-геологические, геомеханические и горнотехнические характеристики исследуемого месторождения.

Геометрические параметры влияют на устойчивость отвалов, в особенности угол наклона склона, от которого зависит и объем вскрышных пород, и площадь основания отвала.

Большой вклад в развитие теории и практики отвалов на горных склонах внесли такие ученые, как Э.Б.Красносельский, А.М.Демин, К.В.Руппенейт, Г.М.Еремин, В.А. Бабелло, Жабко, И.Т. Айтматова, В.И. Нифадьев, К.Ч. Кожогулова, О.В. Никольской, И.А. Торгоева, К.Т. Тажибаева, К.Ж. Усенов, С.Ф. Усманова и др.

Изучение отвалов на склоне позволило установить, что устойчивость отвалов на высокогорных месторождениях зависит от геологических и геомеханических характеристик склона и человеческой деятельности.

Для определения устойчивости отвалов на склоне необходимы исследования по изменению физико-механических свойств отвалов и пород основания, изучению которых посвящены работы Е.П. Емельяновой, И.Я. Петрухиной, А.И. Щеко, К.Ч. Кожогулова, К.А. Кожобаева, О.В. Никольской, Р.А. Ниязова, Х.В. Ибатулина, и других.

В работах этих ученых рассматривается изменение прочностных и деформационных свойств отвалов вскрышных пород. Установлено, что зависимость сил сцепления, угла внутреннего трения и модуля осадки от гранулометрического состава породной мелочи. Однако для реальных условий в отвальной массе в среднем эта зависимость не является определяющей и может носить только местный характер.

На основе анализа методов оценки устойчивости отвалов вскрышных пород установлено, что в настоящее время вопросы устойчивости отвалов на

высокогорных месторождениях при известной площади основания и известном объеме вскрыши, изучены в недостаточной мере.

**Во второй главе** обоснована расчетная модель оценки устойчивости отвалов на склоне.

По результатам натурных исследований рельефа местности и лабораторных исследований по определению физико-механических свойств пород отвала и основания отвала, для моделирования было выбрано месторождение Кумтор, сделаны расчеты на трех отвалах Лысый, Чон-Сарытор и Кичи-Сарытор.

Расчеты проводились на программном продукте GeoStudio с использованием программного модуля SLOPE/W который вычисляет коэффициент запаса устойчивости и строит критическую поверхность скольжения (призму обрушения) в нашем случае по методу Morgenstern-Price. Поверхность скольжения рассматривается круглоцилиндрической формы.

По результатам натурных исследований рельефа местности, для моделирования был взят склон основанием которого являлся старый отвал. Максимальная длина отвала составила -2750 метров, а высота -215 метров, генеральный угол-  $14^{\circ}$ , угол яруса -  $35^{\circ}$ . Масштаб 1:1. Геометрические параметры моделируемой области показаны на рис.1.

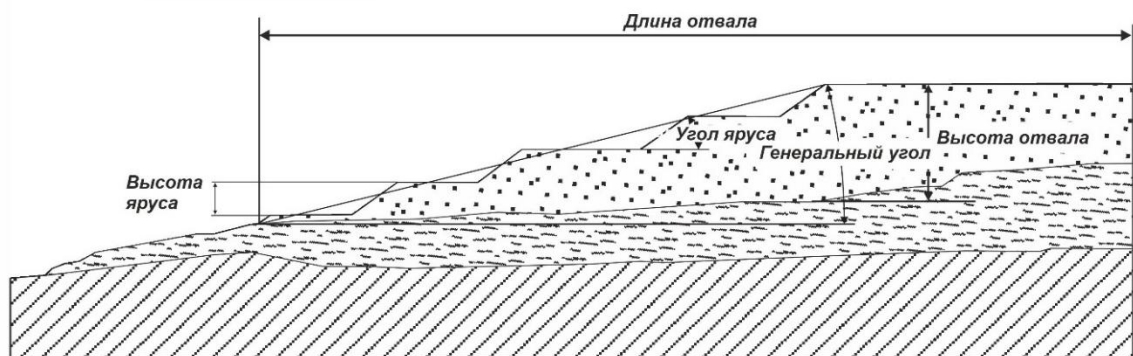


Рис. 1. Схема моделируемой области

Основным параметром при расчете является несущая способность основания, которая зависит от свойств вскрышных пород, уровня грунтовых вод и рассчитывается по формуле:

$$F \leq \gamma_c F_u / \gamma_n$$

где  $F$  - равнодействующая расчетной нагрузки на основание;

$F_u$  - сила предельного сопротивления (равнодействующая предельной нагрузки основания), ;  $F_u = Q/S$ , где  $Q$  - вес отвальной массы и  $S$  - площадь основания отвала;

$\gamma_n$  - коэффициент надежности, принимаемый равным 1,2; 1,15 и 1,10.

Далее приведена методика создания трехмерной модели для расчета коэффициента устойчивости отвалов вскрышных пород.

С помощью программного продукта Google SketchUp построена цифровая 3D-модель рельефа местности, которую обрабатывали для дальнейшей постройки отвалов вскрышных пород (рис 3).

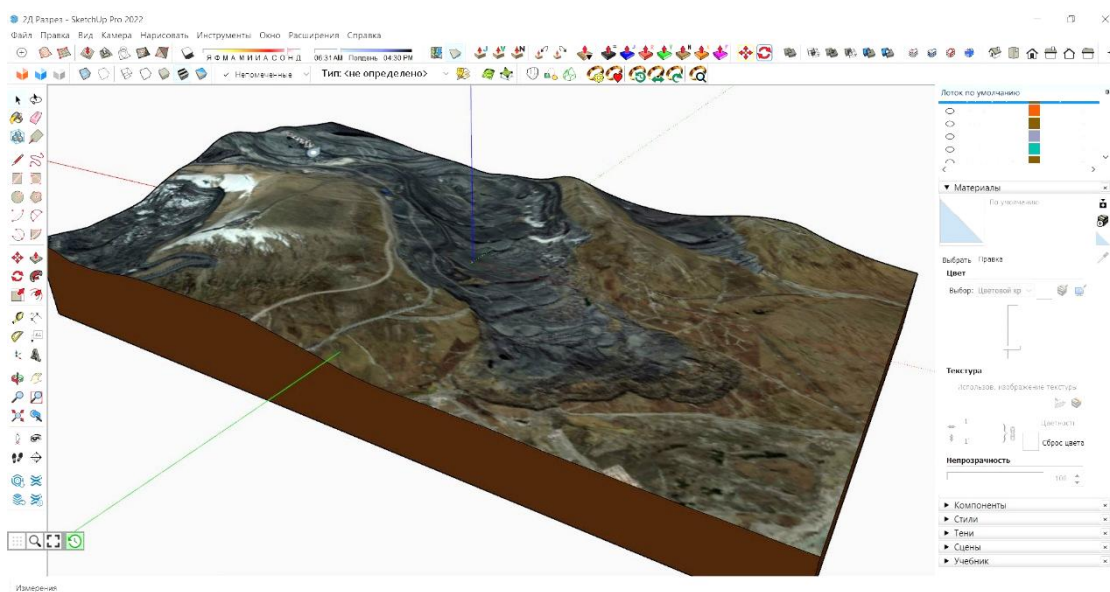


Рисунок 3. Оцифрованный рельеф местности долины Чон-Сарытор.

На поверхности долины Чон-Сарытор находится старый отвал, который в 2013г сошел, в связи с чем в проектировании отвала вскрышных пород учитываем существующий отвал на рисунке 4 показано созданный 3D-модели существующего отвала.

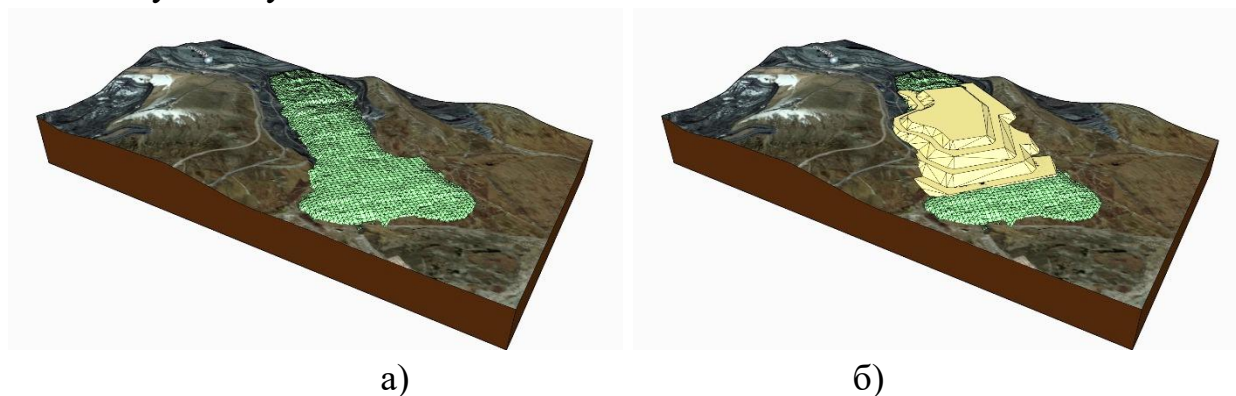


Рисунок 4. Модель существующего (а) и проектируемого (б) отвала.

На существующий отвал был наложен новый отвал с учетом геометрических параметров и несущей способности основания.

Далее из построенного 3д-модели получаем эскизы двумерных чертежей, как показано на рисунке 6.



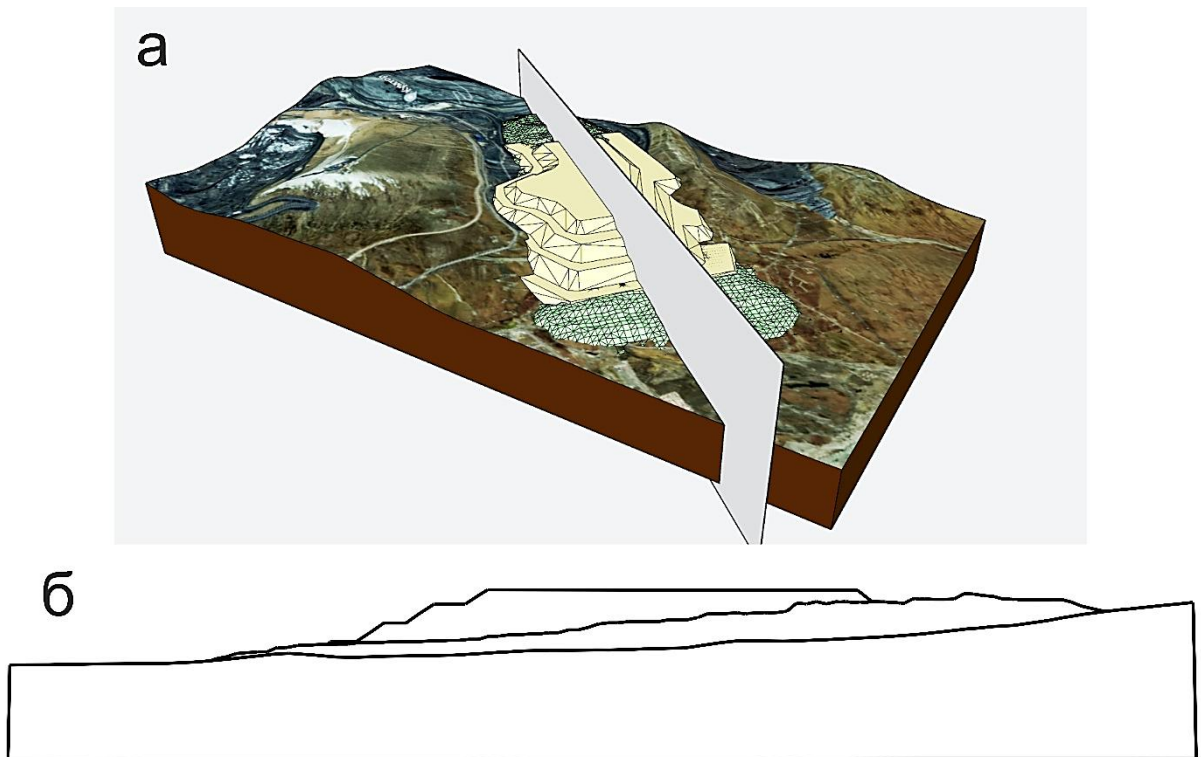


Рисунок 6. Построение эскиза чертежа разреза. а-показано получение продольного разреза по центру отвала, б- показано полученный двумерный разрез.

Процесс работы с разрезом в масштабе 1:1.

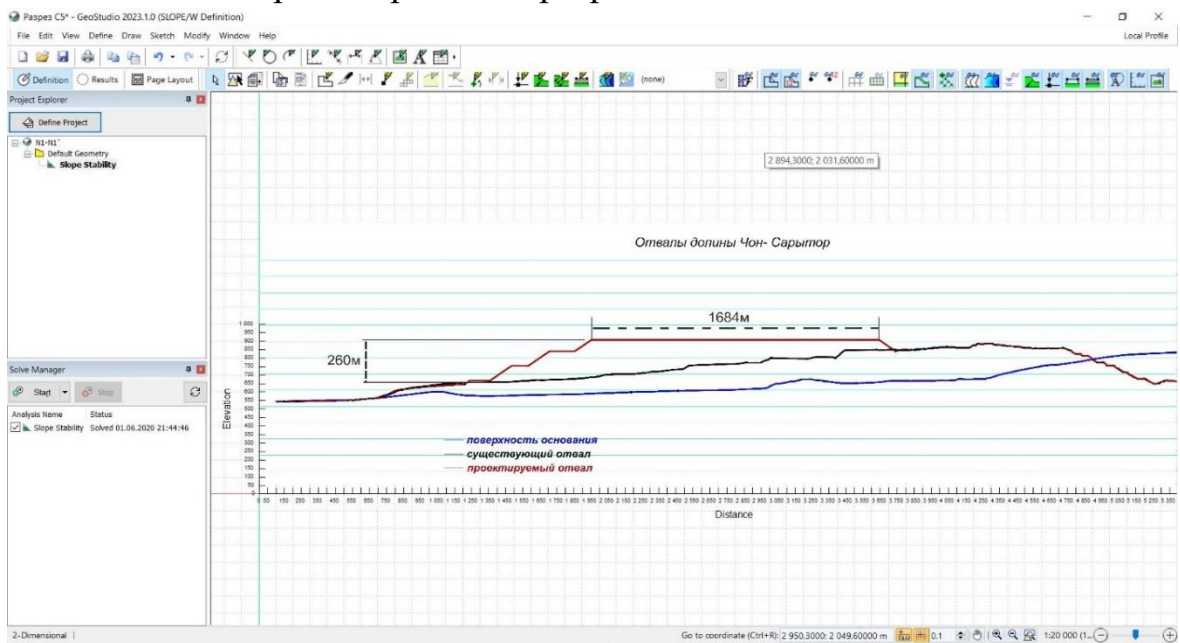
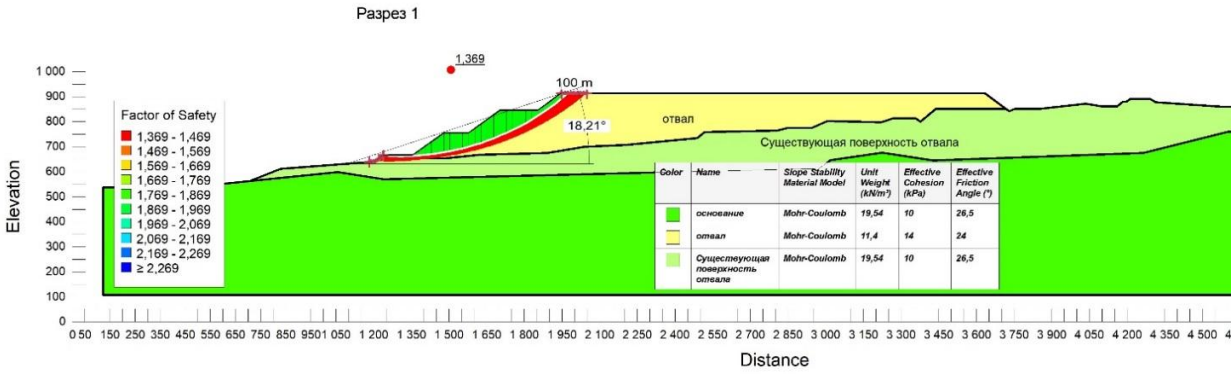


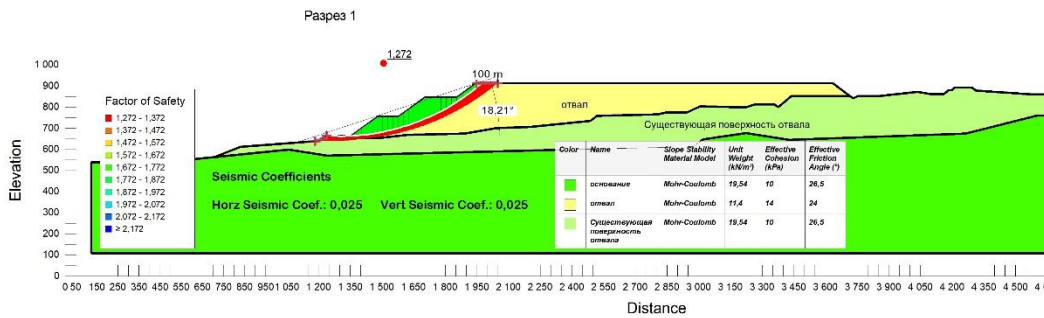
Рисунок 7. Подготовка и расчет коэффициента устойчивости по отвалу в программном модуле GeoStudio SLOPE/W.

Конечный результат проектирования, для получения оптимального расчета по устойчивости отвала, то есть коэффициента устойчивости (коэффициента запаса устойчивости) рисунок 8.

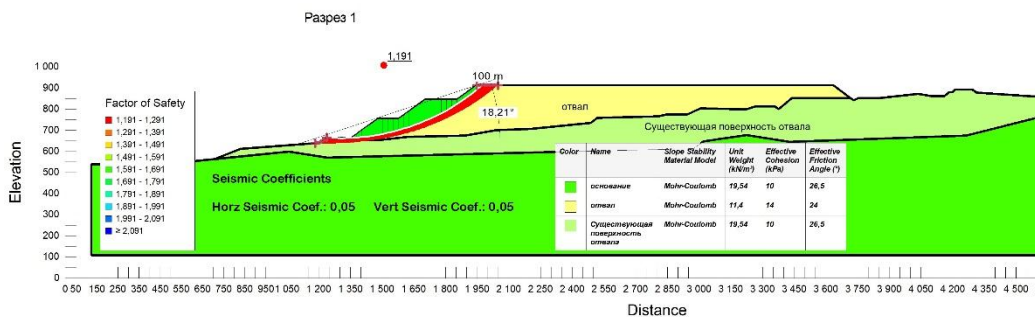


**Рисунок 8.** Результат расчета по оценке коэффициента запаса устойчивости, также показан критическая поверхность скольжения (призму обрушения) и красным отмечена зона возможного захвата.

Расчет устойчивости отвала вскрышных пород с учетом сейсмического воздействия на основе псевдостатического анализа был проведен для 6 и 7 большого землетрясения.



**Рисунок 9.** Результат расчета по оценке коэффициента запаса устойчивости, сейсмического воздействия 6 баллов=0,025 g.



**Рисунок 10.** Результат расчета по оценке коэффициента запаса устойчивости, сейсмического воздействия 7-ми баллов=0,05 g.

Таблица значений по оценке коэффициента запаса устойчивости и введенные свойства по трем значениям, на всех трех расчетах использовались одинаковые условие по физико-механическим свойствам.

балл	Сейсмическое ускорение, g	Значение коэффициента устойчивости
Без сейсмиков		Ку - 1,40
6	0,025	Кс - 1,27
7	0,05	Кс - 1,19

**В третьей главе** приведены результаты лабораторных исследований по определению физико-механических свойств пород (сцепление, угол внутреннего трения, плотность) основания отвала и самого отвала на трех отвалах Чон-Сарытор, Кичи-Сарытор Лысый. А также результаты 3-х мерного моделирования отвала вскрышных пород, позволяющий оценить устойчивость с учетом геометрических параметров склона и несущей способности основания под отвал.

Расчетные характеристики для отвала Чон-Сарытор.

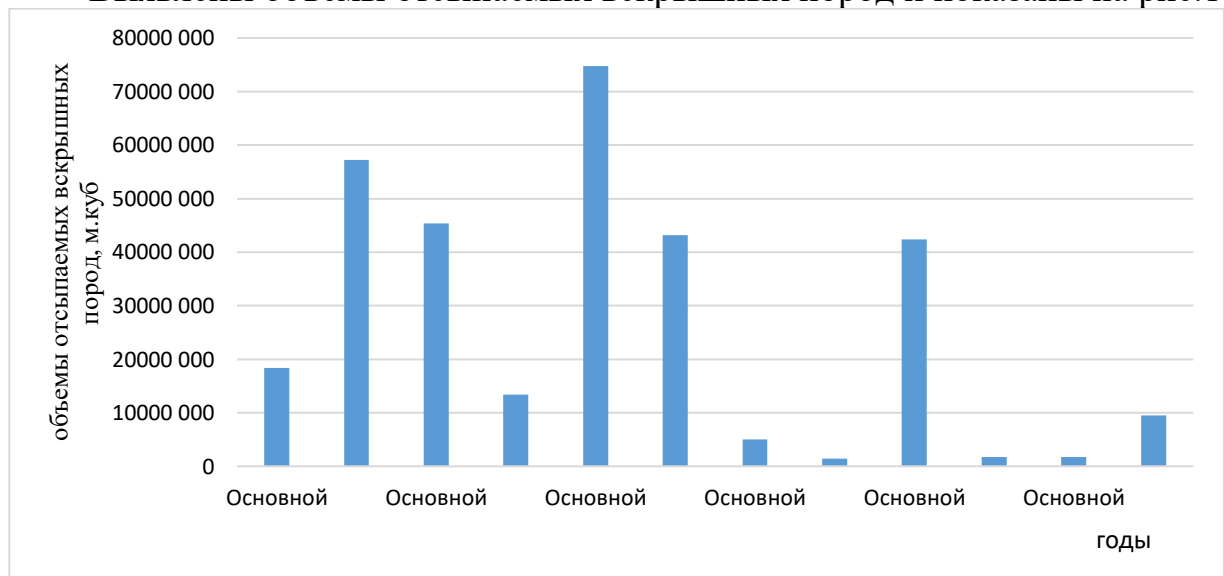
Установленные физико-механические свойства пород под основание отвала и самого отвала для отвала Чон-Сарытор приведенные ниже.

Выявлены следующие свойства основания: угол внутреннего трения равен  $26^{\circ}$ ; сцепление равна 0,030 МПа, плотность равна  $2157 \text{ кг/м}^3$ .

Для свойств вскрышных пород существующего отвала выявлено: угол внутреннего трения равен  $19^{\circ}$ ; сцепление равна 0,025 МПа, плотность равна  $1470 \text{ кг/м}^3$ .

Свойства отсыпаемых вскрышных пород, следующие: угол внутреннего трения равен  $15^{\circ}$ ; сцепление равна 0,01 МПа, плотность равна  $1314 \text{ кг/м}^3$ .

Выявлены объемы отсыпаемых вскрышных пород и показаны на рис. 1



**Рисунок 11.** Объемы отсыпаемых пород для отвала Чон-Сарытор.

Результаты расчета коэффициента устойчивости отвала вскрышных пород приведены на нижеследующих рисунках 12,13.

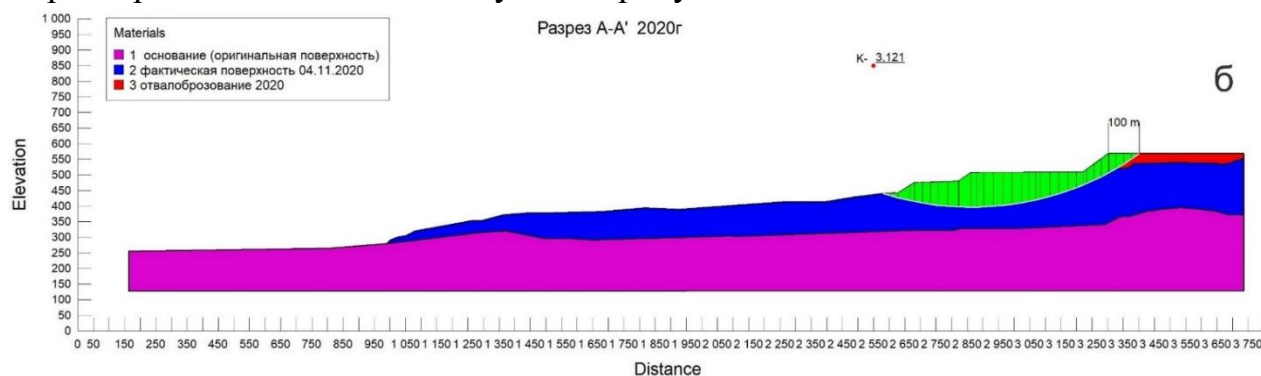


Рисунок 12. 2020г– расчет коэффициент устойчивости. а - исходный профиль для расчета коэффициента устойчивости. б – расчет коэффициента устойчивости.

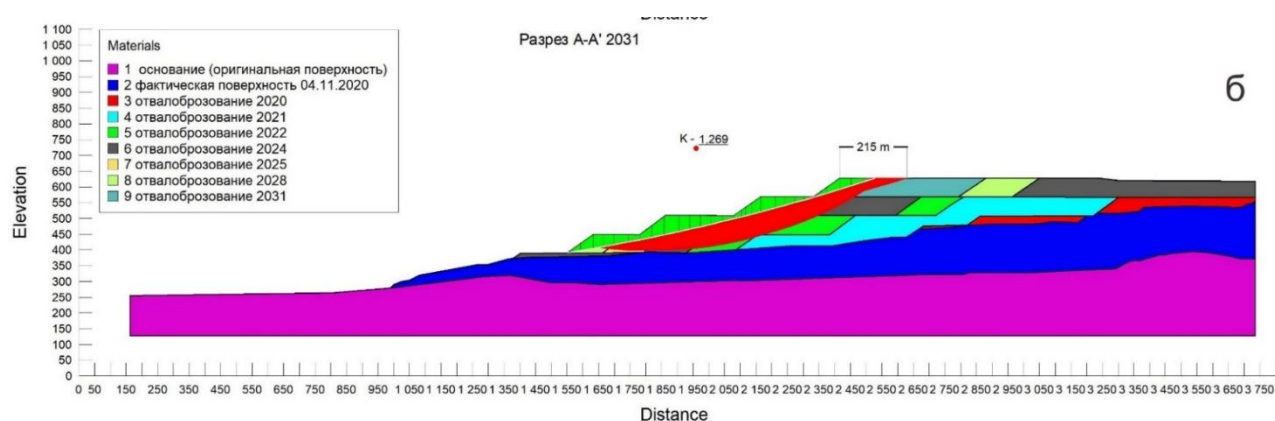


Рисунок 13. 2031г – расчет коэффициент устойчивости с верхнего горизонта второй уступ.

а – исходный профиль для расчета коэффициента устойчивости. б – расчет коэффициента устойчивости.

В таблице 2. приведены значения коэффициента устойчивости отвала вскрышных пород по годам по мере формирования отвала

**Таблица 2.**

И	Объем отгружаемых вскрышных пород, м <sup>3</sup>	Коэффициент устойчивости
<b>2020</b>	18 364 242	3,12
<b>2021</b>	57 241 012	1,91
<b>2022</b>	45 401 591	2,06
<b>2023</b>	13 411 502	-
<b>2024</b>	74 758 251	1,49

<b>2025</b>	43 132 418	1,20
<b>2026</b>	5 062 766	-
<b>2027</b>	1 455 273	-
<b>2028</b>	42 366 250	1,29
<b>2029</b>	1 740 000	-
<b>2030</b>	1 740 000	-
<b>2031</b>	9 522 779	1,28
Всего за период 2020-2031 год	314 196 085	

Выявлено, что в 2020 -2024 году, при отсыпке вскрышных пород, поверхность скольжения проходит по породам ранее отсыпанного отвала. Начиная с 2025 до 2031года в основании отвала начинает формироваться вал выпирания, что является признаком развития оползневого процесса. Наиболее неустойчивый отвал, отсыпaeмый в 2025 году.

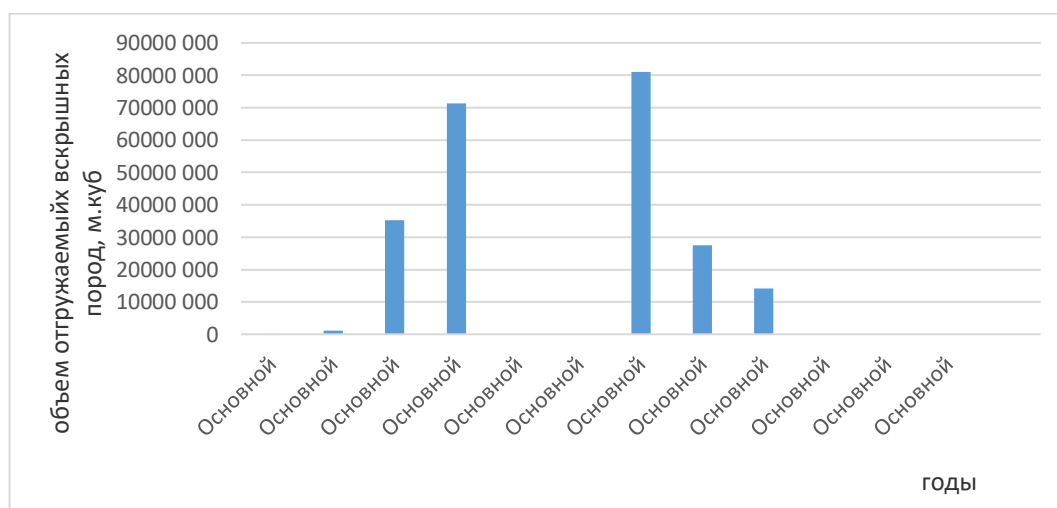
Установлено, что предельная высота отсыпаемого по годам отвала не должна превышать 90 м.

В отвале Чон-Сарытор необратимые деформации могут развиваться на глубине 24 м. При сезонном оттаивании, учитывая высокую льдистость, эта скорость смещения будет возрастать, и вероятность нарушения устойчивости возрастает.

Расстояние, на которое может сместиться отвал Чон-Сарытор, зависит от протяженности тела отвала, коэффициента трения по контакту с поверхностью скольжения и угла откоса отвала.

Дальность смещения от проектной границы пород отвала при нарушении устойчивости составит 316 м, смещение при полной остановке 755 м.

### Расчетные характеристики отвала Кичи-Сарытор



**Рисунок 14.** Загрузка вскрышных пород на отвале Кичи-Сарытор

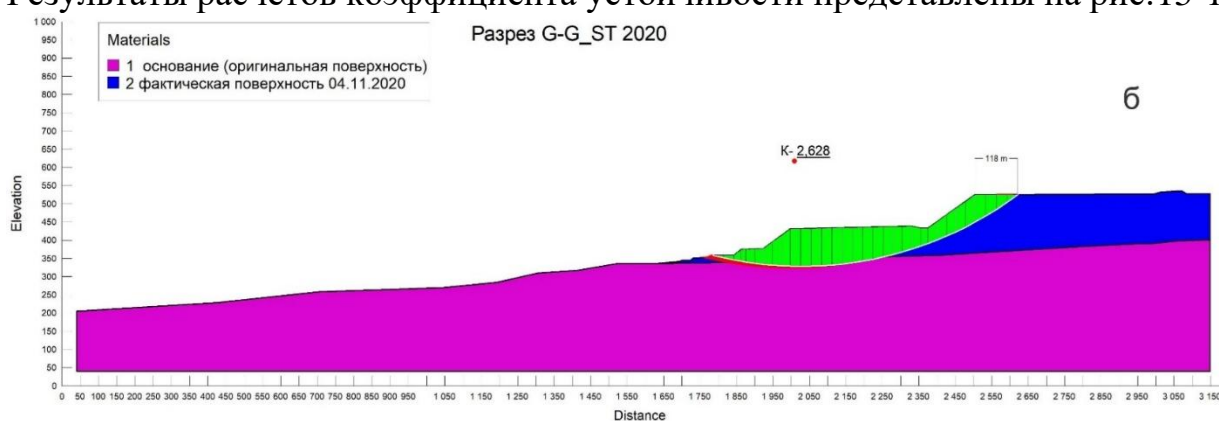
Расчетные свойства пород основания и вскрышных пород, принятых в расчетах коэффициента устойчивости отвала Кичи-Сарытор приведены ниже.

Выявлены следующие свойства основания: угол внутреннего трения равен 260; сцепление равна 0,030 МПа, плотность равна 2157 кг/м<sup>3</sup>.

Для свойств вскрышных пород существующего отвала выявлено: угол внутреннего трения равен 160; сцепление равна 0,025 МПа, плотность равна 1515 кг/м<sup>3</sup>.

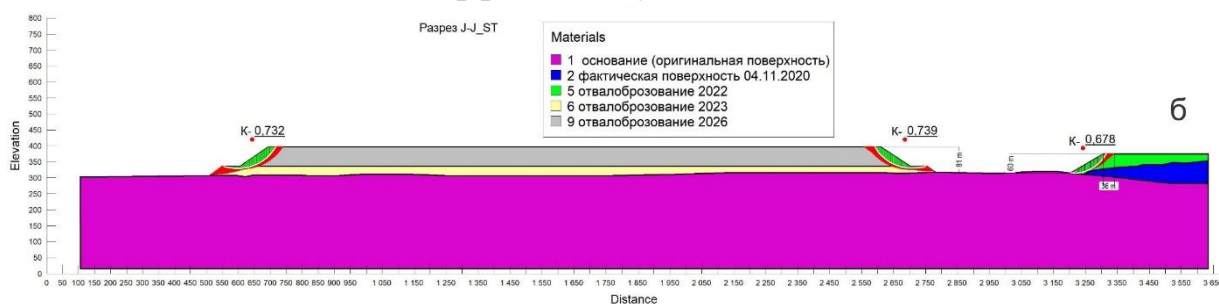
Свойства отсыпаемых вскрышных пород, следующие: угол внутреннего трения равен 150; сцепление равна 0,01 МПа, плотность равна 1314 кг/м<sup>3</sup>.

Результаты расчетов коэффициента устойчивости представлены на рис. 15-16



**Рисунок 15.** 2020г – расчет коэффициент устойчивости с верхнего горизонта второй уступ

**а** – исходный профиль для расчета коэффициента устойчивости. **б** – расчет коэффициента устойчивости.



**Рисунок 16.** 2020-2026гг – расчет коэффициент устойчивости поперечного сечения.

**а** – исходный профиль для расчета коэффициента устойчивости. **б** – расчет коэффициента устойчивости.

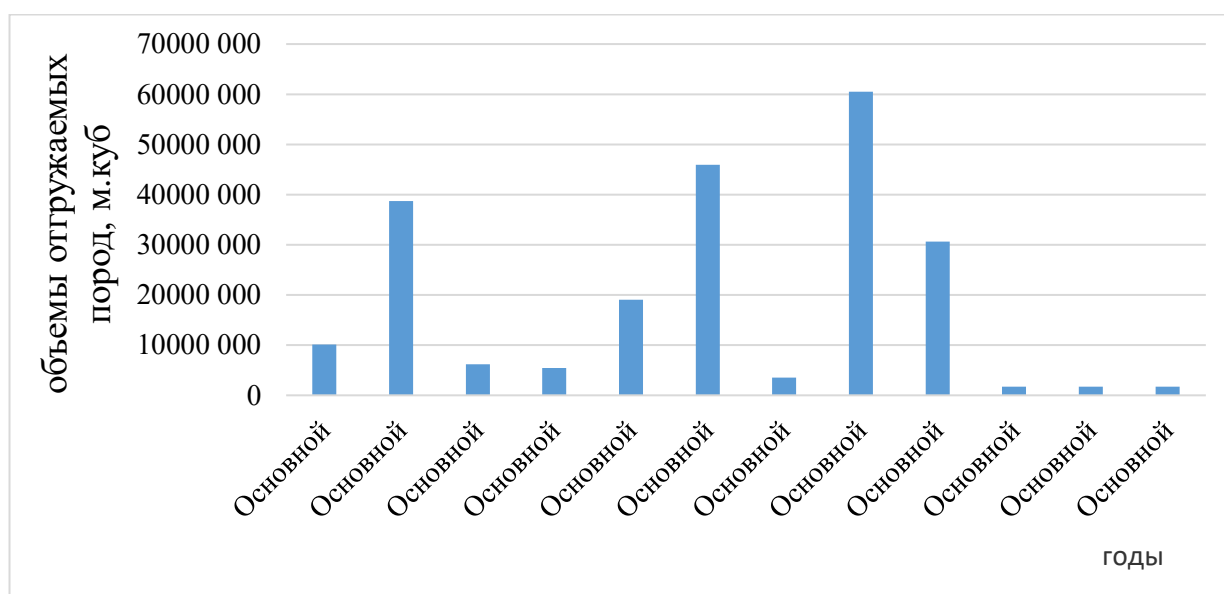
Согласно выполненным расчетам коэффициента устойчивости отвалы вскрышных пород в целом устойчивые. Расчетные поверхности скольжения проходят как по границе с ранее отсыпанными породами, так и ниже этой границы. В 2021 году планируется отсыпать 29 083 567 м<sup>3</sup> вскрышных пород на ранее сформированный отвал. Причем граница расчетной поверхности скольжения проходит по телу ранее сформированного отвала. На основании

выполненных расчетов и оценки устойчивости установлено, при соблюдении всех требований при отвалообразовании на отвалах в долине Кичи-Сарытор при необходимости возможно увеличить объем пустой породы до 25-30 % на каждый год кроме 2022 года

Предельная высота отгружаемых пород не должна превышать 90м

Дальность смещения пород отвала при нарушении устойчивости составит 272 м, смещение при полной остановке 383м.

### ***Расчеты и характеристики для отвала Лысый***



**Рисунок 17.** Объемы отгружаемых пород на отвал Лысый

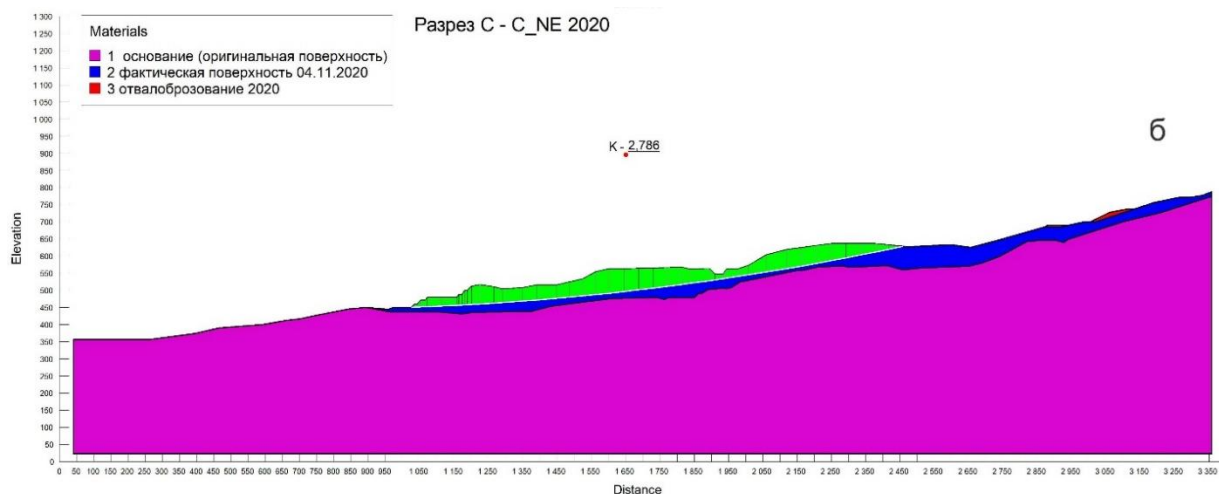
Расчетные свойства пород основания под отвал и вскрышных пород, принятых в расчетах коэффициента устойчивости отвала, Лысый приведены ниже

Выявлены следующие свойства основания: угол внутреннего трения равен 190; сцепление равна 0,096 МПа, плотность равна 2285 кг/м<sup>3</sup>.

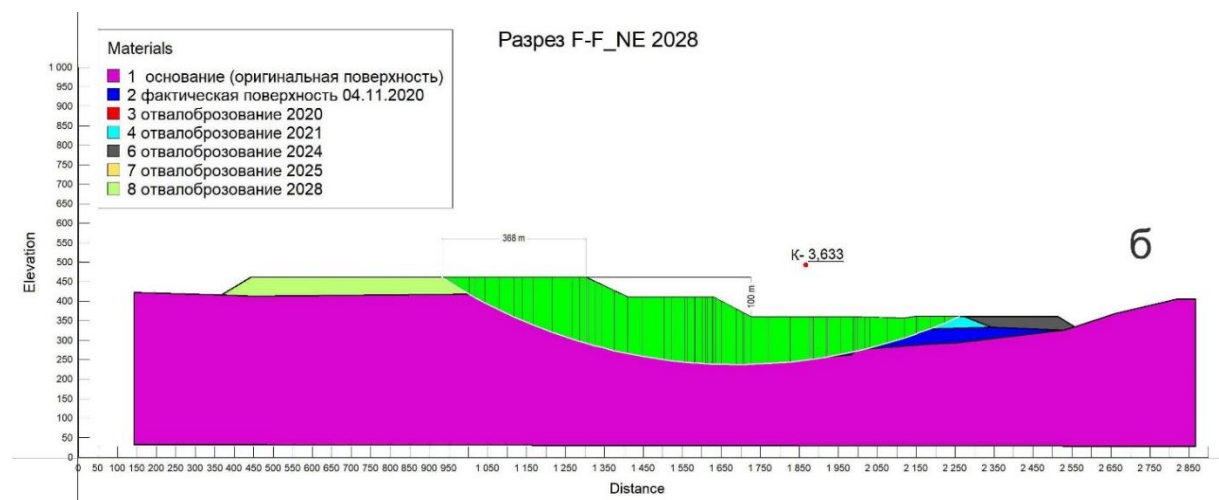
Для свойств вскрышных пород существующего отвала выявлено: угол внутреннего трения равен 170; сцепление равна 0,033 МПа, плотность равна 1497 кг/м<sup>3</sup>.

Свойства отсыпаемых вскрышных пород, следующие: угол внутреннего трения равен 150; сцепление равна 0,01 МПа, плотность равна 1314 кг/м<sup>3</sup>.

### ***Моделирование устойчивости отвала***



**Рисунок 18.** 2020г – расчет коэффициент устойчивости.  
**а** – исходный профиль для расчета коэффициента устойчивости.  
**б** – расчет коэффициента устойчивости.



**Рисунок 19.** 2028г – расчет коэффициент устойчивости поперечного сечения.  
**а** – исходный профиль для расчета коэффициента устойчивости.  
**б** – расчет коэффициента устойчивости.

**Таблица 3**

Годы	Объем вскрышных пород, м <sup>3</sup>	Коэффициент устойчивости $K_y$
2020	10 127 097	2,78
2021	38 673 937	2,04
2022	6 152 451	2,03
2023	5 396 414	2,52
2024	19 097 969	2,4
2025	45 900 118	2,42
2026	3 547 867	-
2027	60 491 765	2,92
2028	30 625 232	1,91
2029	1 740 000	-



2030	1 740 000	-
2031	1 740 000	-
Всего за период 2020-2031 г	223 492 849	

Отвалы в долине ручья Лысый устойчивы. Следует учесть, что в отвал отгружается лед и непосредственно в пределах отвала выявлены выходы рудников. Непосредственно в ранее отгруженном отвале наблюдается высокая льдистость. Расчетная поверхность скольжения расположена по границе с ранее отгруженными породами (разрезы 2020, 2021, 2024, 2025) в другие годы эта поверхность расположена в породах основания.

На основании расчета коэффициента устойчивости установлено, что при соблюдении всех требований при отвалообразовании на участке ручья Лысый при необходимости возможно увеличить объем пустой породы до 30-35 % на каждый год

Предельная высота отгружаемых пород по годам не должна превышать 90м.

Дальность смещения пород отвала при нарушении устойчивости составит 318 м, смещение при полной остановке 564м.

**В четвертой главе** приводятся рекомендации по размещению породных отвалов на Кумторском месторождении, заключающиеся в следующем:

1. Для определения физико-механических свойств материалов во всех трех долинах и уточнения данных при расчетах необходимо продолжить изучения и испытания на индексную классификацию, трехосные испытания, испытания на пластичность и прочностные характеристики.
2. Продолжить традиционный мониторинг с помощью наблюдательных систем в режиме реального времени, которая установлено на руднике Кумтор (Лейка и Радарная система мониторинга)
3. Инклинометры способны измерять горизонтальные деформации, они по-прежнему являются хорошим инструментом и предоставляют полезную информацию о точках расположения (на глубине), в которых происходят смещения. Необходимо проверить местные грунтовые условия с помощью установки данной системы мониторинга.
4. Для мониторинга давления грунтовых вод на различных уровнях рекомендуется использовать и устанавливать пьезометры согласно внутренней документации.

Как только обнаружен потенциально неустойчивый участок на отвалах пустой породы, персонал рудника Кумтор должен определить, можно ли продолжить или следует приостановить горные работы, и что можно предпринять для стабилизации откоса, подвергнувшегося негативному воздействию.

Первое - это как можно раньше определить, какие участки имеют больший риск воздействия неустойчивости, принимая во внимание ожидаемые геомеханические условия грунтов в основании отвала пустой

породы и большие трещины растяжения (раздвиги) на гребне или любые видимые деформации, обнаруживаемые частыми контрольными инспекциями грунтовых условий.

Необходимо разработать карту геотехнических опасности, которые позволяют сначала определить места установки геотехнического КИП или других систем мониторинга.

Второе может заключаться в определении параметров, которые следует непрерывно контролировать для выявления проблем устойчивости откоса, и которые являются пороговыми значениями, указывающими на начинающуюся неустойчивость. На руднике Кумтор горизонтальное смещение вероятно является наиболее полезным параметром для целей мониторинга откосов.

В качестве общего критерия, нагорных отвалах рудника Кумтор с учетом многолетнего накопленного опыта, практики отвалообразования в условиях управляемого деформирования отвалов и на основании анализа данных мониторинга предыдущих лет рекомендуется использовать безопасную скорость деформации составляющий из группы мониторинговых точек 1,2 м/сут. При скоростях вертикальных смещений в пределах призмы возможного обрушения предлагается считать скорость деформаций, превышающих 0,5 м/сут. В этом случае работы по отвалообразованию на этих участках предлагается изменить фронт отсыпки отвала и возобновлять после снижения деформаций и скоростей смещения ниже критических значений.

## **ВЫВОДЫ**

В диссертационной работе дано решение актуальной задачи – обоснование устойчивости породных отвалов Кумторского месторождения, заключающейся в разработке методики расчета и обоснования устойчивости породных отвалов Кумторского месторождения с учетом сейсмичности региона.

Основные научные и практические результаты исследований заключаются в следующем:

1. На основе ретроспективного анализа литературных источников выявлено, что основными факторами, влияющими на устойчивость отвалов вскрышных пород, являются: геологическое строение месторождения, физико-механические свойства как пород основания, так и отвальных пород, гранулометрического состава вскрышных пород и несущей способности пород основания под отвал.
2. Анализа методов оценки устойчивости породных отвалов, показал что наиболее приемлемым методом для расчета устойчивости

отвалов на высокогорных месторождениях являются компьютерное моделирование.

3. Установлено, что породы отвала Кумтора представлены крупнообломочными и глинистыми грунтами с содержанием льда от 3% до 30%, определены их физико-механические свойства: плотность  $\rho_I=2.20$  т/м<sup>3</sup>, сцепление  $C=30.0$ , угол внутреннего трения кПа,  $\varphi=18^\circ$ .
4. Выявлено, что породами основания под отвал является углистые сланцы, филлиты. Свойства пород основания используемые для оценки устойчивости отвалов: плотность  $\rho_I=2.20$  т/м<sup>3</sup>, сцепление  $C=30.0$  кПа, угол внутреннего трения,  $\varphi=26^\circ$ .
5. Разработан метод расчета устойчивости отвала с учетом сейсмичности региона.
6. Обоснована и построена трехмерная цифровая модель отвалов, которое позволяет проводить визуальный контроль и корректировать геометрические параметры над техническими решениями непосредственно в процессе проектирования отвала и оптимизировать проектные решения с учетом рельефа местности. Проектируемая трёхмерная модель отвала, дает представление рационального размещения возводимых (или отсыпаемых) отвалов на склоне.
7. На отвале долин Чон-Сарытор, Кичи-Сарытор и Лысый развитие пластических деформаций происходит на глубине 24м, 33м и 33м соответственно, дальность смещения от проектной границы пород отвала при нарушении устойчивости составила соответственно 316 м, 272м и 318м смещение при полной остановке движения отвала соответственно 755м, 389м и 564м.
8. Оценена устойчивость на трех отвалах Кумторского месторождения с годовой отсыпкой по мере формирования отвала на 12 лет. Для отвала долины Чон-Сарытор объемом 314млн.м<sup>3</sup>, для отвала долины Кичи-Сарытор 230млн.м<sup>3</sup>, для отвала долины Лысый 224млн.м<sup>3</sup>.
9. Обоснованы рекомендации по размещению отвалов на Кумторском месторождении.
10. Результаты исследований используются в практике освоения месторождения Кумтор (АКТ внедрений имеются).

**СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

1. Кадыралиева Г.А., Джакупбеков Б.Т., Прогнозирование устойчивости отвалов при освоении высокогорных месторождений полезных ископаемых // Сборник материалов научно-практической конференции молодых ученых Кыргызстана «Старт в большую науку». Бишкек 2013 г. С. 3-6.
2. Никольская О.В., Кадыралиева Г.А., Джакупбеков Б.Т. Зависимость свойств грунтов оползнеопасного склонов от сезонных колебаний температуры воздуха// Сбор.мат.науч.прак.конф. «Старт в большую науку», Изд. «Илим», Бишкек 2013г.-с.44-45.
3. Кожогулов К.Ч., Никольская О.В., Кадыралиева Г.А., Джакупбеков Б.Т. Устойчивость бортов нагорных карьеров в зонах влияния тектонических нарушений// Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. 2015. Т. 2. № 2. С. 240-244.
4. Джакупбеков Б.Т. Определение параметров отвалов на горных склонах с применением программного приложения GOOGLE SKETCHUP// Современные проблемы механики. 2016. № 26 (4). С. 58-64.
5. K. Ch. Kozhogulov, G.A. Kadyralieva, B.T. Dzhakupbekov. Assessment and the landslides forecast dangers of slopes in mountain-folded areas// Proceeding of the International Symposium on «Geohazards: Science, Engineering and Management», Katmandu, Nepal 2014, p-172-179
6. Кожогулов К.Ч., Никольская О.В., Джакупбеков Б.Т., Жумабек У.Ж. Моделирование процесса разрушения прибортового массива горных породблочного строения// Современные проблемы механики. 2018. № 34 (4). С. 3-10.
7. G. Kadyralieva, B. Dzhakupbekov, S. Kuvakov. ASSESSMENT Peculiarities of the constructions stability in the areas of affected by mining operations/ on TC 305 “Geotechnical Infrastructure for Megacities and New Capitals” // Orlando, New York: Geo-Institute, Kazakhstan Geotechnical Society, 2018 - P.116 С.114-116
8. Кожогулов К.Ч., Никольская О.В., Джакупбеков Б.Т. Проблемы безопасного отвалообразования при освоении высокогорных месторождений// Современные проблемы механики. 2020. Т. 41. № 3. С. 110-118.
9. Кожогулов К.Ч., Никольская О.В., Джакупбеков Б.Т. Устойчивость отвалов вскрышных пород при освоении нагорных месторождений // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. 2021. Т. 8. № 1. С. 93-96.

- 10.K.Ch. Kozhogulov, B.T. Djakupbekov., Calculation of the parameters of the base of waste rock dumps on a mountain slope.// Smart Geotechnics for Smart Societies – Zhussupbekov, Sarsembayeva & Kaliakin (Eds), © 2023 The Author(s), ISBN 978-1-003-29912-7, Open Access: [www.taylorfrancis.com](http://www.taylorfrancis.com), CC BY-NC-ND 4.0 license p.-867-870.

## РЕЗЮМЕ

Диссертации Джакупбекова Белека Торокуловича на тему «Обоснование устойчивости породных отвалов Кумторского месторождения» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.20. – «Геомеханика, разрушение горных пород взрывом, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика».

**Ключевые слова:** *отвал, устойчивость, физико-механические свойства, высота отвала, объем вскрышных пород, коэффициент запаса устойчивости, зона обрушения.*

**Объектом исследования диссертации** являются отвалы на рудном месторождении Кумтор.

**Предметом исследования** является адаптирование компьютерной модели для изучения устойчивости отвалов на высокогорных месторождениях.

**Целью исследования** является разработка методики расчета и обоснование устойчивости породных отвалов Кумторского месторождения.

**Методы исследования:** теоретические, лабораторные, численные, компьютерные.

**Полученные результаты и их новизна:** разработан новый подход изучения устойчивости отвалов, учитывающий объем складированных вскрышных пород и несущую способность основания под отвал; установлена зависимость высоты отвала от объема отгружаемых пород; оценена устойчивость отвала с учетом инженерно-геологических и гидрогеологических особенностей склона; разработана и обоснована цифровая модель склона и отвала, позволяющая оперативно оценить устойчивость вскрышных пород на склоне.

**Область применения:** научные положения, полученные результаты и разработанные способы имеют теоретическое и практическое значение, могут найти применение в нормативной документации и учебно-методической литературе, в проектной и производственной деятельности.