

УДК 622.271+622.693.25

**ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ОТВАЛОВ ПРИ РАСШИРЕНИИ
ХВОСТОХРАНИЛИЩА МЕСТОРОЖДЕНИЯ БОЗЫМЧАК****Кожогулов Б.К., Кудрякова Е.Н., Тишурова В.С.**

Учреждение Проектно-исследовательский Центр «Кен-Тоо»

В данной статье рассматривается расширение действующих хвостохранилищ №1 и №2 обогатительной фабрики ГОК «Бозымчак» в связи с изменением способа транспортировки и складирования хвостов обогащения в объеме 16,7 млн. м³ в течение всего срока работы предприятия. В хвостохранилище будут поступать полусухие хвосты, содержащие продукты флотационного обогащения медь-золотосодержащие руды месторождения Бозымчак. По результатам, проведенных в районе основания отвала отходов ОФ ГОК «Бозымчак» детальных сейсмотектонических и геофизических исследований установлено, что рассчитанные пиковые ускорения грунтов в этом районе могут достигать 0,3-0,35g. Это соответствует 8 баллам по шкале интенсивности MSK-64. Учитывая особые требования к обеспечению устойчивости отвала отходов обогащения, дополнительно принят альтернативный метод расчета устойчивости откосов бортов, с использованием аналитического метода профессора Г.М. Шахунянца.

Ключевые слова: Хвостохранилище, отвал, устойчивость, месторождение, ярусы, отходы.

**БОЗЫМЧАК КЕНИНИН КЕҢЕЙТҮҮ ЖӨНҮНДӨ ПАЙДАЛАРДЫН
ТУРУКТУУЛУГУНА БАА БЕРҮҮ****Кожогулов Б.К., Кудрякова Е.Н., Тишурова В.С.**

Долборлоо-изилдөө борбору «Кен-Тоо»

Бул макалада «Бозымчак» кайра иштетүүчү комбинатынын иштеп жаткан №1 жана №2 калдык сактоочу жайларын эксплуатациялоонун бардык мезгилинде 16,7 млн м³ көлөмдөгү байытуу калдыктарын ташуу жана сактоо ыкмасынын өзгөрүшүнө ишканага байланыштуу кеңейтүү талкууланат. Калдыктар Бозымчак кенинен жез-алтын рудаларын флотациялык байытуу продуктуларын камтыган жарым-жартылай кургак калдыктарды кабыл алат. Бозымчак КФнын таштанды таштоочу жайынын

базасынын аймагында жүргүзүлгөн деталдуу сейсмодектоникалык жана геофизикалык изилдөөлөрдүн жыйынтыгы боюнча бул аймакта жердин эсептелген эң жогорку ылдамдыгы 0,3-0,35 г жетиши мүмкүн экендиги аныкталган. Бул MSK-64 интенсивдүүлүк шкаласы боюнча 8ге туура келет. Калдыктарды сактоочу жайдын туруктуулугун камсыз кылуу боюнча өзгөчө талаптарды эске алуу менен профессор Г.М. Шахунянц.

Баштапкы сөздөр: Калдык таштоочу жай, туруктуулук, кен, ярустар, калдыктар.

ASSESSMENT OF WASTE DUMP STABILITY IN THE EXPANSION OF THE BOZYMCHAK TAILINGS STORAGE FACILITY

B.K. Kozhogulov, E.N. Kudryakova, V.S. Tishurova
Institute Design and Research Center «Ken-Too»

This article discusses the expansion of the existing tailings facilities No. 1 and No. 2 of the Bozymchak concentrator to change the method of transportation and storage of 16.7 million m³ of enrichment tailings over the life of the facility. The tailings storage facility will receive semi-dry tailings containing flotation beneficiation products from the Bozymchak copper-gold bearing ores. Based on the results of detailed seismotectonic and geophysical surveys conducted at the base of the Bozymchak waste dump, it has been established that the calculated peak ground accelerations in this area can reach 0.3-0.35g. This corresponds to 8 points on the MSK-64 intensity scale. Considering the special requirements for ensuring stability of the tailings dump, an alternative method of calculating the stability of the slope parameters was additionally adopted, using the analytical method of Professor G.M. Shakhunyants.

Keywords: Tailings, stockpile, sustainability, deposit, tiers, waste.

В административном отношении месторасположение хвостохранилища месторождения Бозымчак относится к Ала-Букинскому району Джалал-Абадской области Кыргызской Республики.

В геоморфологическом отношении район проектируемого строительства расположен в пределах среднегорного комплекса типов рельефа. Рельеф резко пересеченный, скалистый.

В проекте на расширение действующих хвостохранилищ №1 и №2 обогатительной фабрики ГОК «Бозымчак» приняты решения на изменение способа транспортировки и складирования хвостов

обогащения в объеме 16,7 млн. м³ в течение всего срока работы предприятия.

Складирование производится ярусами до 10 метров. Ярусы отсыпаются послойно, с высотой слоя 0,4 м с последующим уплотнением катком.

По результатам проходки шурфов до 4,5 м и бурения скважин глубиной до 35 м в геолого-литологическом строении участка под верхнее и нижнее хвостохранилища принимают участие скальные породы, представленные гранитами и гранодиоритами, доломитами и известняками, а также элювиальными и делювиально-пролювиальными отложениями верхнечетвертичного-современного возраста. Отложения представлены суглинком и супесью лессовидной, щебенистым и древесным грунтом с пылевато-глинистым заполнителем.

В хвостохранилище будут поступать полусухие хвосты, содержащие продукты флотационного обогащения медь-золотосодержащие руды месторождения Бозымчак.

Физико-механические свойства хвостов обогащения представлены в Таблице 1.

В процессе разработки месторождения Бозымчак в последнее время появилась необходимость расширения хвостохранилищ для дальнейшего складирования отходов производства.

Таблица 1 Основные физико-механические свойства хвостов

№ п/п	Место отбора проб	Влажность W, %	Плотность сухого грунта ρ_d , г/см ³	Характеристики прочности					
				Нормативные			Расчетные		
				tg φ_n	Угол внутреннего трения φ_n , град.	Сцепление C_n , МПа	tg φ_l	Угол внутреннего трения φ_l , град.	Сцепление C_l , МПа
1	Объединенная	16,5	1,88	0,4369	23,6	0,002	0,4245	23,0	0,002

*Нормативные и расчетные значения ($\alpha=0,95$) характеристик прочности хвоста по опытам (значения W и ρ_d взяты по опытам)

Район проектируемого отвала хвостов расположен на южных склонах Чаткальского хребта в пределах среднегорного комплекса типов рельефа, в левобережной части долины, временно действующего ручья Джалгызарча, на поверхности левого безымянного сая, в ее тальвеговой части. Абсолютная отметка поверхности склона изменяется от 2070 м до 2230 м. В геоморфологическом отношении участок расположен на левом борту сухого V-образного сая, с крутизной склонов до 30° и глубиной врезов до 30-60 м. Превышение верхней части ложи отвала хвостов над нижней составляет около 140 м. Ширина сая 200-500 м в верхней части и 15-20 м в тальвеге, протяженностью около 1000 м в южном направлении.

Створ существующей дамбы №2 расположен в южной части на выходе из V-образного сая. Ширина в нижней части – 20-25 м, в верхней части около 500 м. По результатам, проведенных в районе основания отвала отходов ОФ ГОК «Бозымчак» детальных сейсмодектонических и геофизических исследований установлено, что рассчитанные пиковые ускорения грунтов в этом районе могут достигать 0,3-0,35g. Это соответствует 8 баллам по шкале интенсивности MSK-64.

В хвостохранилищах складировались полусухие хвосты 16 % влажности. По результатам лабораторных исследований проб уложенных хвостов ОФ ГОК «Бозымчак» определены основные физико-механические свойства и выявлены оптимальная влажность при максимальном уплотнении хвостового материала (рис. 1, рис 2, таблица 1).

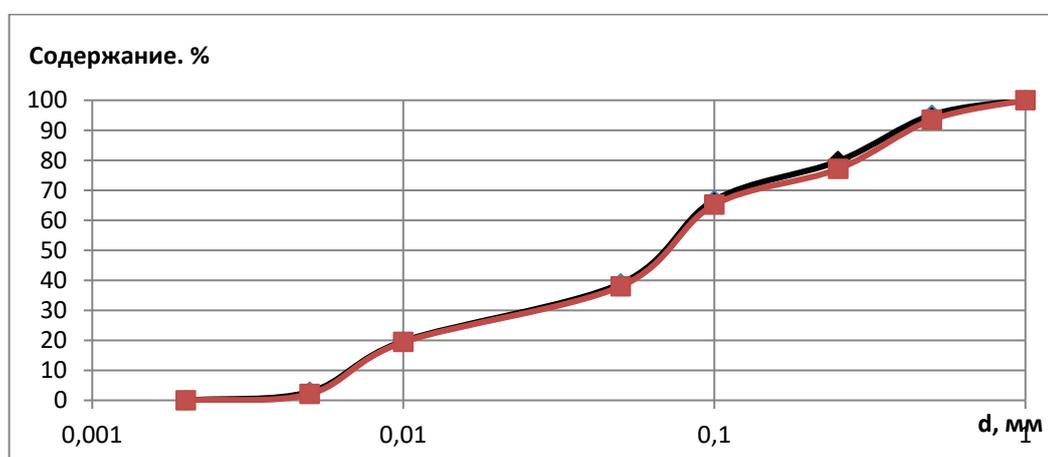


Рис. 1. График гранулометрического состава отходов ОФ



Рис. 2. График определения максимальной плотности и оптимальной влажности

Основные физико-механические свойства тела и основания дамбы (приведены в Таблице 2.

Таблица 2 Основные физико-механические свойства тела и основания дамбы

№ п/п	Наименование показателя	Обозначение
1	2	3
I.	Физико – механические характеристики по насыпному грунту тела дамбы:	
	Грунт дресвяно – щебенистый с пылевато – глинистым заполнителем до 20%	
	Плотность насыпного грунта при естественной влажности	$\gamma_{ск}=2.66\text{г/см}^3$
	Угол внутреннего трения насыпного грунта при естественной влажности	$\varphi_{ест}=25^0$
	Сцепление частиц насыпного грунта при естественной влажности	$S_{ест} = 37\text{кгс/см}^2$
	Угол внутреннего трения насыпного грунта во влажном состоянии	$\varphi_{нас}=29^0$
	Сцепление частиц насыпного грунта во влажном состоянии	$S_{нас} = 17\text{кгс/см}^2$

	Удельный вес грунта в естественном состоянии (величина расчетная)	$\gamma_{\text{ест}}=1.346\text{г/см}^3$
	Удельный вес грунта во влажном состоянии (величина расчетная)	$\gamma_{\text{нас}} = 0.75\text{г/см}^3$
	Коэффициент пористости грунта, n	$n = 0.55$
	Коэффициент фильтрации насыпного грунта в уплотненном состоянии	$k_{\text{фильт.}}=0.5-2.0\text{м/сут}$
II	Физико-механические характеристики по грунтам основания дамбы:	
	Грунт дресвяно-щебенистый с песчаным заполнителем до 30% с включением глыб размерами в поперечнике 200 – 600 мм, до 30%.	
	Плотность грунта основания при естественной влажности	$\gamma_{\text{ест}} = 2.75\text{г/см}^3$
	Угол внутреннего трения грунта основания при естественной влажности	$\phi_{\text{ест}}=380$
	Сцепление частиц грунта основания при естественной влажности	$c_{\text{ест.}} = 2\text{кгс/см}^2$

Известно, что основным критерием расчета устойчивости ярусов и откосов отвалов является расчетный коэффициент запаса устойчивости рассматриваемого объекта. При этом, полученный коэффициент сравнивается с нормативным значением, обеспечивающим достаточный запас прочности.

Выбор конкретного значения коэффициента запаса осуществляется в соответствии с отраслевыми нормативными документами [1]. При этом, согласно «Временным методическим указаниям по управлению устойчивостью бортов карьеров цветной металлургии» [2], необходимый коэффициент запаса устойчивости определяют по формуле

$$n_{\text{н}} = 1 + t \cdot m, \quad (1)$$

где m – общая ошибка данных; t – коэффициент надежности.

Причем, коэффициент запаса устойчивости должен быть больше или равен необходимому коэффициенту запаса устойчивости.

Общую ошибку исходных данных определяют по формуле:

$$m = \sqrt{m_k^2 + m_\rho^2 + m_\tau^2 + m_{\tau\tau}^2}, \quad (2)$$

где m_k – ошибка определения сцепления пород;

m_ρ – ошибка определения угла внутреннего трения;

m_τ – ошибка определения пространственного положения поверхностей ослабления в массиве;

$m_{\tau\tau}$ – ошибка определения геологических и гидрогеологических условий.

Коэффициент надежности определяют, как функцию категории откоса и срока стояния:

$$t = a \cdot b, \quad (3)$$

где a – коэффициент, учитывающий категорию откоса; b – коэффициент, учитывающий продолжительность стояния откоса.

В результате расчетов коэффициента запаса устойчивости применительно к условиям отвала отходов обогащения ОФ ГОК «Бозымчак» принимается нормативное значение коэффициента запаса $n_{\text{зап}} = 1,3$. При этом, необходимо коэффициент запаса устойчивости принимать с учетом сейсмичности $m = 0,05$.

Критерием оценки обеспечения устойчивости откосов является соблюдение условия равновесия сдвигающих и удерживающих сил, выражаемых формулой Г. Фисенко:

$$\eta = \frac{\sum F_{\text{уд}}}{\sum F_{\text{сдв}}}, \quad (4)$$

где η – коэффициент запаса устойчивости.

Общее уравнение равновесия, определяющее разность удерживающих и сдвигающих сил по потенциальной поверхности скольжения по методу алгебраического сложения сил приведено в работе [3].

Учитывая особые требования к обеспечению устойчивости отвала отходов обогащения, дополнительно принят альтернативный метод

расчета устойчивости параметров откосов бортов, использованием аналитического метода профессора Г.М. Шахунянца [4].

Сводная таблица по этим 2 методам расчета приведены в Таблице 3.

Таблица 3 Сводная таблица расчета устойчивости

Профиль	Поверхность скольжения	Коэффициент запаса устойчивости	С учетом Сейсмичности района	С учетом грунтовых вод	С учетом сейсмичности и грунтовых вод
Расчеты выполнены методом алгебраического сложения сил					
A-A	S1	1,72	1,44	-	-
	S2	1,69	1,39	1,58	1,3
	S3	1,78	1,45	1,71	1,4
	S4	1,67	1,39	-	-
	S5	1,74	1,42	1,62	1,32
	S6	2,19	1,77	2,09	1,69
6-6	-	1,85	1,55	-	-
7-7	-	1,82	1,53	-	-
Расчеты выполнены методом Г.М. Шахунянца					
A-A	S1	1,76	1,47	-	-
	S2	1,79	1,45	1,67	1,36
	S3	1,81	1,48	1,74	1,42
	S4	1,7	1,41	-	-
	S5	1,87	1,5	1,74	1,39
	S6	2,24	1,81	2,15	1,73
6-6	-	1,86	1,56	-	-
7-7	-	1,84	1,54	-	-

Анализ показал, что отвалы отходов устойчивы и для оценки необходимо коэффициент запаса устойчивости принимать с учетом сейсмичности района.

ЛИТЕРАТУРА

1. Методические указания по определению углов наклона бортов, откосов, уступов и отвалов строящихся и эксплуатируемых карьеров. – Л., ВНИМИ, 1972 г.

2. Временным методическим указаниям по управлению устойчивостью бортов карьеров цветной металлургии, Москва, УНИПРОМЕДЬ, 1989 г.
3. Правила обеспечения устойчивости откосов на угольных разрезах. ВНИМИ, С.-Петербург, 1998 г.
4. Шахунянц Г.М. Земляное полотно железных дорог. М., Трансжелдориздат, 1953 г.