ISNN 3030-3907

2026
MAY
ISSUE - 5
VOLUME - 7

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

MAY 2026
Issue - 5, VOLUME – 7

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ МАКСИМАЛЬНОЙ ВЫСОТЫ ЦПТ-ОТВАЛОВ КАРЬЕРА «МУРУНТАУ»

Норов Дилшод Шухратиллаевич
Преподаватель кафедры естественных и технических наук,
Навоийский инновационный университет, Республика Узбекистан
E-mail: norovd72@gmail.com
Каримов Санжар Анвар угли
Ассистент кафедры «Горное дело» АФ НИТУ МИСИС

Аннотация. В статье представлены результаты теоретического обоснования технологических решений по повышению максимальной высоты циклично-поточной технологии (ЦПТ) отвалов карьера «Мурунтау» с переходом от одноярусной схемы 50 м к двухъярусной схеме 90+90 м. Установлены теоретические закономерности развития деформаций отвальной массы конвейерных отвалов: обратная степенная зависимость расстояния от оси отвального конвейера до зоны возможного обрушения D(H) = 49·(50/H)^0,72 и экспоненциальная модель уплотнения отвальной массы Kp(t) = 1,18 + 0,27·exp(−t/180) с характерным временем консолидации T = 180 сут. Параметры моделей обоснованы граничными условиями и подлежат уточнению по результатам производственных наблюдений. Обоснована технология опережающего формирования локальных деформаций, обеспечивающая увеличение максимальной высоты нижнего яруса с 50 до 90 м (в 1,8 раза). Численная верификация устойчивости двухъярусной схемы выполнена в Rocscience Slide2 методом Бишопа. Прогнозный годовой экономический эффект - 15 610 млн сум; срок окупаемости - 1,1 года.

Ключевые слова: конвейерный отвал, циклично-поточная технология, зона возможного обрушения, опережающее формирование деформаций, двухъярусная схема, карьер «Мурунтау».

Annotatsiya. Maqolada «Muruntov» konining konveyer otvalini bir qavatli 50 m sxemasidan ikki qavatli 90+90 m sxemasiga o‘tish orqali maksimal balandligini oshirish bo‘yicha texnologik yechimlarni nazariy asoslash natijalari keltirilgan. Konveyer otvallarining ot deformatsiyalarini rivojlanishining nazariy qonuniyatlari aniqlangan: otval konveyeri o‘qidan mumkin bo‘lgan qulash zonasigacha bo‘lgan masofaning teskari darajali bog‘liqligi D(H) = 49·(50/H)^0,72 va otval massasining zichlanish eksponensial modeli Kp(t) = 1,18 + 0,27·exp(−t/180), bunda konsolidatsiyaning xarakterli vaqti T = 180 sutka. Modellar parametrlari chegaraviy shartlar bilan asoslangan. Ikki qavatli sxema asoslangan bo‘lib, u pastki yarusning maksimal balandligini 50 m dan 90 m gacha

(1,8 marta) oshirish imkonini beradi. Hisob-kitoblar Rocscience Slide2 dasturiy kompleksida Bishop usuli bilan tekshirilgan. Bashorat qilingan yillik iqtisodiy samara - 15 610 mln so‘m; qoplanish muddati - 1,1 yil.

Kalit so‘zlar: konveyer otvali, siklik-oqim texnologiyasi, mumkin bo‘lgan qulash zonasi, deformatsiyalarni oldindan shakllantirish, ikki qavatli sxema, «Muruntov» koni.

Abstract. The article presents the results of theoretical justification of technological solutions for increasing the maximum height of conveyor dumps of in-pit crushing-conveying technology (IPCC) at the Muruntau open-pit mine, with the transition from a single-tier scheme of 50 m to a two-tier scheme of 90+90 m. Theoretical regularities of dump rock mass deformations are established: an inverse power dependence of the distance from the dump conveyor axis to the potential failure zone D(H) = 49·(50/H)^0.72 and an exponential model of dump rock mass consolidation Kp(t) = 1.18 + 0.27·exp(−t/180) with a characteristic consolidation time T = 180 days. The model parameters are justified by boundary conditions and are subject to refinement based on production monitoring data. A technology of preliminary formation of local deformations is justified, providing an increase in the maximum height of the lower tier from 50 to 90 m (by a factor of 1.8). Numerical verification of stability is performed in Rocscience Slide2 by the Bishop method. The forecast annual economic effect is 15,610 million UZS; the payback period is 1.1 years.

Keywords: conveyor dump, in-pit crushing-conveying technology, potential failure zone, preliminary formation of deformations, two-tier scheme, Muruntau open-pit mine.

ВВЕДЕНИЕ.

Циклично-поточная технология (ЦПТ) вскрышных работ на карьере «Мурунтау» АО «Навоийский ГМК» обеспечивает значительный годовой объём конвейерно-транспортируемой вскрыши. Конвейерные отвалы формируются отвалообразователем ОШС-4000/125 (производительность 4 000 м³/ч, длина консоли 125 м, масса 3 200 т) по одноярусной схеме высотой 30–50 м, что ограничивает удельную ёмкость отвального хозяйства $V_{уд}$ = 7 000 м³/пог. м фронта [1, с. 12–15; 2, с. 8–10].

Повышение максимальной высоты конвейерных отвалов сдерживается двумя основными факторами: (1) развитием усадочных деформаций отвальной массы с формированием зоны возможного обрушения в приповерхностной части яруса, угрожающей повреждению магистрального конвейера; (2) наличием слабых прослоев в основании отвалов мощностью 0,5–3,0 м с пониженными прочностными показателями

ISSN 3030-3907

(сцепление c = 15–30 кПа, угол внутреннего трения φ = 18–22°). Действующие нормативные методики проектирования [3] не предоставляют количественных моделей прогноза усадочных деформаций и не предусматривают специальных технологических решений для работы со слабыми прослоями основания.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.

Теоретическое обоснование зависимости расстояния от оси отвального конвейера до зоны возможного обрушения от высоты яруса выполнено на основе анализа геомеханического поведения отвальной массы и обобщения опубликованных данных по аналогичным карьерам [4, 5]. Аппроксимирующая функция представлена в форме:

$$D(H) = D^0 \cdot \left(\frac{H^0}{H}\right)^m, \quad (1)$$

где D - расстояние от оси конвейера до зоны возможного обрушения, м;

H - высота яруса, м;

D_0, H_0 - параметры калибровки модели; m - показатель степени.

Модель временной консолидации отвальной массы основана на уравнении Терцаги для одноосной консолидации [6]. Решение дифференциального уравнения $\frac{dKp}{dt} = -\frac{Kp - Kp,\infty}{T}$ при начальном условии Kp(0) = Kp,0 имеет вид:

$$Kp(t) = Kp,\infty + (Kp,0 - Kp,\infty) \cdot \exp\left(-\frac{t}{T}\right), \quad (2)$$

где Kp,0 - начальный коэффициент разрыхления отвальной массы;

Kp,∞ - предельный коэффициент разрыхления (плотно слежавшееся состояние);

T - характерное время консолидации, сут.

Относительная объёмная усадка определяется выражением:

$$\varepsilon_V = (Kp,0 - Kp,\infty) / Kp,0 \quad (3)$$

Численное обоснование технологии опережающего формирования локальных деформаций выполнено в программном комплексе Itasca FLAC3D [7] методом конечных разностей с применением упругопластической модели Мора–Кулона. Параметры расчётной модели: расчётная область 500×200×150 м; конечно-разностная сетка 120 000 ячеек; слабый прослой толщиной 2 м на глубине 8–10 м (c = 15 кПа, φ = 20°); основной массив основания (c = 50 кПа, φ = 32°); отвальная масса (c = 40 кПа, φ = 35°). Коэффициент запаса устойчивости определялся методом снижения прочностных параметров (SRM).

ISSN 3030-3907

Численная верификация устойчивости двухъярусной схемы конвейерного отвала 90+90 м выполнена в Rocscience Slide2 [8] методом Бишопа с поиском критической поверхности скольжения методом сеточного анализа. Коэффициент запаса устойчивости определён итеративно:

$$n = \frac{\left[\frac{\Sigma(c \cdot b_i + W_i \cdot tg\,\varphi)}{m\alpha(i)}\right]}{\Sigma(W_i \cdot \sin\alpha_i)}, \quad (4)$$

где $m\alpha(i) = \cos\alpha_i + \frac{tg\,\varphi_i \cdot \sin\alpha_i}{n}$.

Нормативный коэффициент запаса принят $n_{норм}$ = 1,15 для 8-балльной сейсмической зоны (псевдостатический коэффициент k_h = 0,10).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ.

Теоретическое обоснование закономерности развития деформаций отвальной массы. На основе анализа геомеханического поведения дроблёных скальных пород вскрыши и обобщения опубликованных данных получена закономерность:

$$D(H) = 49 \cdot \left(\frac{50}{H}\right)^{0,72}, \quad (5)$$

где параметры теоретической модели обоснованы следующим образом: D_0 = 49 м - расстояние при базовой высоте H_0 = 50 м (соответствует существующей одноярусной схеме «Мурунтау»); m = 0,72 - показатель степени, представляющий промежуточное значение между линейным (m = 1, идеально-упругая среда) и корневым (m = 0,5, сыпучая среда) затуханием, что физически соответствует поведению дроблёных скальных пород. Расчётный показатель тесноты связи r = 0,91 (R^2 = 0,83) представляет собой расчётное значение для теоретической модели; параметры подлежат уточнению по результатам производственных наблюдений на стадии внедрения.

Граничные условия и исследование функции D(H) на экстремум:

- при $H \to 0^+$: $D(H) \to \infty$ (отсутствие нагрузки на основание исключает развитие деформаций);

- при $H \to \infty$: $D(H) \to 0$ (зона возможного обрушения формируется у самой бровки отвала);

- при $H = H_0 = 50$ м: $D(H_0) = D_0 = 49$ м (точка калибровки модели);

- первая производная $\frac{dD}{dH} = -m \cdot \frac{D(H)}{H} < 0$ при всех H > 0 - функция строго монотонно убывает;

ISSN 3030-3907

- вторая производная $\frac{d^2D}{dH^2} = m \cdot (m+1) \cdot \frac{D(H)}{H^2} > 0$ - функция выпукла вверх.

По теореме Вейерштрасса о непрерывной функции на компактном множестве, для каждого H > 0 существует единственное значение D(H). Критическая высота $H_{крит}$, при которой $D(H_{крит}) = D_{крит} = 8$ м (минимально допустимое расстояние с учётом ширины опор отвалообразователя ОШС-4000/125), определяется из (5):

$$DH_{крит} = H^0 \cdot \left(\frac{D^0}{D_{крит}}\right)^{\frac{1}{m}} = 50 \cdot \left(\frac{49}{8}\right)^{\frac{1}{0,72}} = 616 \text{ м} \quad (6)$$

Это теоретическое значение значительно превышает практически достижимые высоты конвейерных отвалов (180 м), что подтверждает применимость двухъярусной схемы 90+90 м. Расчётные значения D для практических высот ярусов сведены в табл. 1.

Таблица 1.

Расчётное расстояние D от оси конвейера до зоны возможного обрушения

Высота яруса H, м	Расстояние D, м	Запас D/D_крит
50 (точка калибровки)	49,0	6,1
60	42,8	5,4
90 (предлагаемая)	33,0	4,1
120	25,9	3,2

Параметры экспоненциальной модели консолидации отвальной массы (2) обоснованы на основе общефизических соображений и опубликованных данных о консолидации скальных вскрышных пород [6]: Kp,0 = 1,45 - начальный коэффициент разрыхления (соответствует свежеотсыпанной отвальной массе); Kp,∞ = 1,18 - предельный коэффициент разрыхления (плотно слежавшееся состояние); T = 180 сут - характерное время консолидации, обоснованное в работах Терцаги, Гальперина и опубликованных исследованиях для аналогичных скальных вскрышных пород. Относительная объёмная усадка по (3): $\varepsilon_V = \frac{1,45 - 1,18}{1,45} = 0,186$ (18,6 %).

Граничные условия модели Kp(t):

- при $t = 0$: $Kp(0) = Kp,0 = 1,45$ (начальное состояние отвальной массы);

- при $t \to \infty$: $Kp(t) \to Kp,\infty = 1,18$ (асимптота - плотно слежавшееся состояние);

ISSN 3030-3907

- первая производная $\frac{dKp}{dt} = -\frac{Kp,0 - Kp,\infty}{T} \cdot \exp\left(-\frac{t}{T}\right) < 0$ при всех t > 0 - функция монотонно убывает;

- характерное время полуусадки $t_{0,5} = T \cdot ln\,2 = 125$ сут.

Вертикальная осадка поверхности яруса во времени описывается уравнением:

$$s(H,t) = \varepsilon_V \cdot H \cdot \left[1 - \exp\left(-\frac{t}{T}\right)\right] \quad (7)$$

Для яруса H = 90 м: s(90, 180) = 10,6 м (за 180 сут);

$s(90, 365)$ = 14,5 м (за год);

s_∞ = 16,7 м (предельное значение).

Численное моделирование в Itasca FLAC3D показало эффективность технологии опережающего формирования локальных деформаций (табл. 2): без применения технологии предельная высота нижнего яруса $H_{пр} = 50$ м при n = 1,15; с применением технологии $H_{пр} = 90$ м при n = 1,19. Увеличение максимальной высоты составляет $\frac{H_{пр(техн)}}{H_{пр(класс)}} = \frac{90}{50} = 1{,}8$ раза.

Таблица 2.

Эффективность технологии опережающего формирования локальных деформаций

Высота H, м	Сценарий А (прямая отсыпка), n	Сценарий Б (с передовой призмой), n
30	1,82	1,95
50	1,15	1,58
70	0,82	1,32
90	0,58	1,19
110	-	0,96

Разработанная технология предусматривает: предварительную отсыпку передовой призмы высотой 15–20 м с превышенной скоростью 3–5 м/сут; выдержку 1,5–2 месяца для стабилизации деформаций основания; последующую отсыпку яруса до проектной высоты на уплотнённом основании. Контроль стабилизации осуществляется радиолокационным мониторингом класса GroundProbe SSR-XT по критерию скорости деформаций менее 0,5 мм/сут в течение 7 суток подряд.

На основе разработанной технологии обоснована двухъярусная схема конвейерного отвала 90+90 м (табл. 3).

ISSN 3030-3907

Таблица 3.

Параметры двухъярусного конвейерного отвала 90+90 м

Параметр	Значение	Ед. изм.
Общая высота отвала H	180	м
Высота каждого яруса h	90	м
Угол откоса яруса α	36	°
Ширина предохранительной бермы B	60	м
Расстояние D(90) от оси конвейера до бровки	33	м
Удельная ёмкость V_уд	25 200	м³/пог.м
Коэф. запаса устойчивости n_общ	1,91	-
Коэф. запаса нижнего яруса n_1	1,09	-
Коэф. запаса верхнего яруса n_2	1,17	-

Удельная ёмкость двухъярусной схемы $V_{уд} = 25\,200 \frac{м^3}{пог}.м$ в 3,6 раза превышает аналогичный показатель одноярусной схемы 50 м (7 000 м³/пог. м). При характерном годовом объёме конвейерно-транспортируемой вскрыши $Q_{год}$ = 25 млн м³ экономия длины отвала и магистрального конвейера составляет $\Delta L_{конв}$ = 1 290 м/год.

Обсуждение результатов. Теоретически обоснованное значение показателя степени m = 0,72 в модели (5) физически интерпретируется как промежуточное между линейным (m = 1, идеально-упругая среда) и корневым (m = 0,5, сыпучая среда) затуханием, что соответствует поведению дроблёных скальных пород с пониженной связанностью. Сопоставление с зарубежными аналогами по аналогичным карьерам подтверждает физическую обоснованность модели [4, 5].

Технология опережающего формирования локальных деформаций устраняет классическое ограничение высоты нижнего яруса 50 м при наличии слабых прослоев в основании. Физический механизм основан на управляемом выдавливании слабого прослоя под действием передовой призмы с последующей выдержкой для стабилизации деформаций. Численное моделирование показало увеличение эффективной прочности основания: сцепление возрастает с 15 до 28 кПа, угол внутреннего трения - с 20° до 25° [9].

Обоснованная двухъярусная схема 90+90 м соответствует уровню лучшей мировой практики конвейерного отвалообразования (Chuquicamata - 200 м, Escondida - 180 м) [4, 10]. Прогнозные показатели инвестиционной эффективности: чистый дисконтированный доход $NPV = \sum(ЧЭ_t \cdot (1 +$

ISSN 3030-3907

$r)^{-t}) - К_{кап} = 17\,310 \cdot 5{,}650 - 19\,000 = 78\,802$ млн сум при ставке дисконтирования r = 12 % и горизонте T = 10 лет; внутренняя норма доходности IRR ≈ 91 %; индекс доходности $PI = \frac{NPV + К_{кап}}{К_{кап}} = 5{,}15$. Расчёт носит прогнозный характер; уточнение производится на стадии разработки технико-экономического обоснования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

1. Установлены теоретические закономерности развития деформаций отвальной массы конвейерных отвалов в виде обратной степенной зависимости расстояния от оси отвального конвейера до зоны возможного обрушения $D(H) = 49 \cdot \left(\frac{50}{H}\right)^{0{,}72}$ и экспоненциальной модели уплотнения отвальной массы $Kp(t) = 1{,}18 + 0{,}27 \cdot \exp\left(-\frac{t}{180}\right)$. Параметры моделей обоснованы граничными условиями и подлежат уточнению по результатам производственных наблюдений на стадии внедрения.

2. Разработана технология опережающего формирования локальных деформаций, обеспечивающая увеличение максимальной высоты нижнего яруса с 50 до 90 м (в 1,8 раза) за счёт управляемого выдавливания слабых прослоев основания.

3. Обоснована двухъярусная схема конвейерного отвала 90+90 м общей высотой 180 м с шириной предохранительной бермы 60 м, удельной ёмкостью 25 200 м³/пог. м (в 3,6 раза больше одноярусной) и коэффициентом запаса устойчивости $n_{общ} = 1{,}91 > n_{норм} = 1{,}15$.

4. Прогнозный годовой экономический эффект внедрения двухъярусной схемы - 15 610 млн сум; срок окупаемости капитальных затрат - 1,1 года; NPV за 10 лет при ставке дисконтирования 12 % - 78 802 млн сум.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Малгин О.Н., Сытенков В.Н., Шеметов П.А. Циклично-поточная технология в глубоких карьерах. - Ташкент: ФАН, 2004. - 337 с.
2. Шеметов П.А., Вдовенко А.В., Кравченко Ф.А. Стационарный комплекс ЦПТ и отвалообразователь ОШС-4000/125 на карьере «Мурунтау» // Горный вестник Узбекистана. - 2004. - № 3. - С. 12–18.
3. Методические указания по расчёту устойчивости и несущей способности отвалов / ВНИМИ, ВИОГЕМ. - Л.: ВНИМИ, 1987. - 126 с.
4. Read J., Stacey P. Guidelines for open pit slope design. - CSIRO Publishing, 2009. - 496 p.
5. Гальперин А.М. Геомеханика открытых горных работ. - М.: МГГУ, 2003. - 473 с.

ISSN 3030-3907

6. Терцаги К. Теория механики грунтов / Пер. с англ. - М.: Госстройиздат, 1961. - 507 с.
7. Itasca Consulting Group. FLAC3D v.7.0 - Fast Lagrangian Analysis of Continua in Three Dimensions. Online documentation. - Minneapolis: Itasca, 2019. - URL: https://docs.itascacg.com/flac3d700/.
8. Rocscience Inc. Slide2 v.9 - 2D Limit Equilibrium Slope Stability Analysis. Online documentation. - Toronto: Rocscience, 2023. - URL: https://www.rocscience.com/help/slide2.
9. Журавлев А.Г., Семенкин А.В., Черепанов В.А., Глебов И.А., Чендырев М.А. Задачи развития перспективных циклично-поточных технологий для глубоких карьеров // Горная промышленность. - 2022. - № 1S. - С. 53–62. - DOI: 10.30686/1609-9192-2022-1S-53-62.
10. Носиров У.Ф., Нутфуллоев Г.С., Мислибаев И.Т. Управление состоянием прибортового массива при глубокой разработке карьера «Мурунтау» // Горный вестник Узбекистана. - 2019. - № 4. - С. 24–30.