

УДК 614.841.345

**Ф.Я. Умаров**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ОТВЕТСТВЕННОГО ИНЖЕНЕРНОГО СООРУЖЕНИЯ В КАРЬЕРЕ МУРУНТАУ**

*Проведены исследования состояния устойчивости бортов карьера Мурунтау, установлен уровень подвижек блочных структур в районе месторождения далек от критического. Определены отдельные участки бортов карьера, требующие повышенного внимания при проведении горных работ по разработке карьера.*

*Ключевые слова:* карьер Мурунтау, блочные структуры, борта карьера, горно-транспортный комплекс.

**З**олоторудное месторождение Мурунтау Навоийского ГКМ (Узбекистан) представляет собой крутопадающий ( $70-80^{\circ}$ ) конусообразный штокверк, прослеженный до глубины ~2 км. Месторождение отрабатывается глубоким одноименным карьером Мурунтау, глубина которого в настоящее время составляет более 600 м, а перспективная оценивается в 950–1000 м.

Горно-геологическая характеристика карьера Мурунтау на глубоких горизонтах имеет сложную геологическую текстуру, представленную различными направлениями плоскостей наслоения, складчатости и пространственной системы трещин различных размеров и густоты, поэтому физико-технические свойства, структуры горных пород и гидрогеология в значительной мере определяют параметры технологии экранирования приконтурной зоны от массовых взрывов. Месторождение представлено метаморфизированными песчаниками и алевролитами углисто-кварцевого состава, переслаивающимися со слюдисто-кварцевыми, кварц-хлоритовыми и углисто-слюдистыми тон-

ко сланцами. Развиты тектонические нарушения различной ориентации. Промышленные руды сосредоточены, в основном, в трех крупных залежах, главным структурным элементом которых являются секущие кварцевые крутопадающие жилы, локализующиеся в трещинах отрыва и группирующиеся в субширотные системы. Коэффициент крепости по шкале М.М. Протоdjяконова для сланцев и алевролитов равен  $f = 7\div 13$ , песчаников  $f = 9\div 14$ , кварцевых жил и массивных роговиков  $f = 12\div 15$ . Характерно наличие интенсивной микротрещиноватости, плотность руд и вмещающих пород —  $2,6 \text{ т/м}^3$ .

В карьере Мурунтау для транспортирования породы и руды используется циклично-поточная технология (ЦПТ) с автомобильно-конвейерным транспортом и наклонными конвейерами ( $\alpha = 15^{\circ}$ ) нормального исполнения с двумя стационарными дробильно-перегрузочными установками, обеспечивая эффективную работу карьера до глубины 350–400 м. Введенный в эксплуатацию крутонаклонный конвейер (КНК-270) с высотой подъема руды и породы 270 м, производитель-

Таблица 1

**Транспортируемая горная масса**

- транспортируемый материал	скальная масса
- гранулометрический состав материала, мм	0-300 (60%) 300-1200 (38,5%) более 1200 (1,5%)
- размер куска после дробления, не более, мм	300
- плотность, т/м <sup>3</sup>	2,6
- насыпная плотность, т/м <sup>3</sup>	1,75
- предел прочности на сжатие, МПа	до 250
- прочность на растяжение, МПа	до 20
- коэффициент крепости по М. Протоальяконову	7÷15
- содержание SiO <sub>2</sub> , %	35÷80

Таблица 2

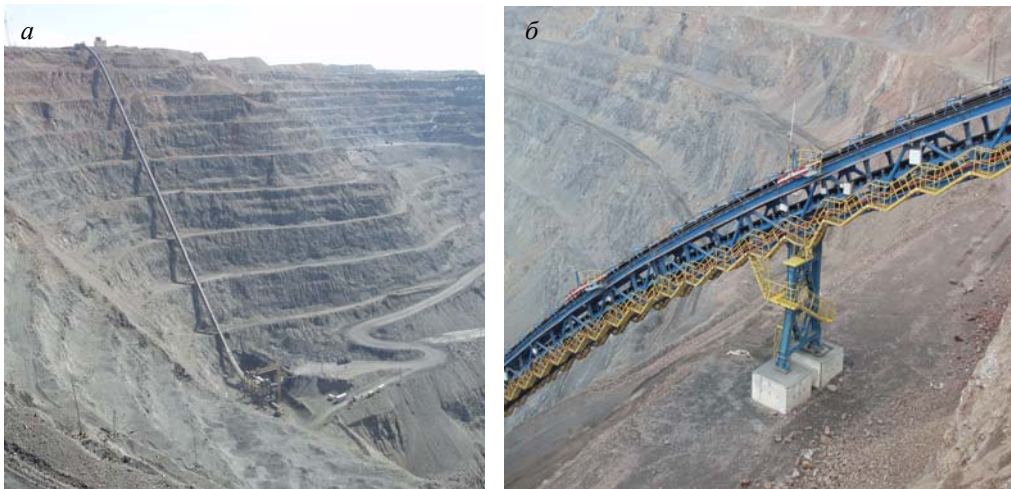
**Крутонаклонный конвейер КНК-270**

- производительность:	
техническая, т/ч, (м <sup>3</sup> /ч)	3500 (2000)
эксплуатационная, млн т/год	14
- длина КНК (в т.ч. наклонной части), м	960 (483)
- высота подъема руды, м	270
- ширина ленты, м	2
- подводимое напряжение, кВ	6
- угол наклонной части конвейера, град.	37
- скорость движения лент конвейера, м/с	3,15
- общая протяженность транспортирования, м	1285

ностью 16,0 млн т/год и углом наклона крутонаклонной части 37°, позволяет рассчитывать на использование поточного звена до глубины 800÷850 м. Характеристика транспортируемой горной массы через КНК и техническая характеристика крутонаклонного конвейера КНК-270 в карьере Мурунтау приведены в табл. 1, 2

Комплекс ЦПТ-руда введен в эксплуатацию в 2011 г. с крутонаклонным конвейером на северо-восточном борту карьера Мурунтау (рис. 1, а). Конвейерные секции КНК-270 размещаются на поддерживающих опорах, расположенных на предохранительных бермах (рис. 1, б) отстроенного участка борта карьера.

Северо-Восточный борт глубокого карьера Мурунтау с размещенным на нем КНК-270 представляет собой ответственное инженерное сооружение, поэтому требования к обеспечению его долговременной сохранности повышены. В целях охраны горно-транспортного комплекса КНК-270 и борта, на котором он размещен требуется постоянное проведение аналитического исследования и экспериментального обоснования сейсмостойкости. Технические данные оборудования всего комплекса ЦПТ-руда следующие: сейсмическая устойчивость - до 7 баллов по шкале MSK-64 (СП14.13330.2011), категория грунтов по сейсмическим свойствам вто-



**Рис. 1. Общий вид на комплекс КНК-270 (а), расположение поддерживающей опоры и конвейерной линейной секции КНК на предохранительной берме (б) на предохранительной берме**

рая и соответствует СНИП И-7-81\*, М., 2011, с. 4 (СП 14.13330.2011).

Оценка устойчивости и расчет параметров борта карьера Мурунтау на участке размещения КНК-270 затруднителен из-за неодинаковой способности массива горных пород оказывать сопротивление распространению сейсмических волн в разных направлениях от очага землетрясений. Массив горных пород нарушен постоянным внешним воздействием работающего большегрузного технологического транспорта, взрывных работ и не находится в естественном состоянии. Сам участок Северо-Восточного борта и комплекс КНК, находящиеся на одинаковом расстоянии от эпицентра ожидаемого землетрясения, в различной степени могут подвергнуться длительному сейсмическому воздействию.

Практика расчета сооружений на сейсмические нагрузки с использованием коэффициента динамичности, удовлетворительно работающая в ближних зонах от взрыва и землетря-

сения, совершенно неадекватна условиям сейсмических воздействий в дальних зонах. В настоящее время отсутствует методика расчета сейсмических нагрузок от колебаний в дальних зонах, особенно протяженных в плане и высоких сооружений. Особенностью колебаний на больших удалениях является их низкочастотный спектр и преобладание волн поверхностного типа, характер колебаний в которых существенно отличается от колебаний в прямой волне.

При общей эффективной продолжительности колебаний  $T \approx 120-140$  с грунта в основании строений, периоды (или частоты) собственных колебаний протяженных в плане сооружений и высоких зданий в большей мере соответствуют параметрам колебаний поверхностных волн.

Низкая частота колебаний в дальней зоне обуславливает большую длину волны  $\lambda$ . Поскольку для поверхностных волн зона, ответственная за величину амплитуды, определяется длиной волны, то поэтому следует учитывать

интегральные свойства грунтовой толщи, сравнимой с длиной волны.

При частоте поверхностных волн вблизи КНК-270  $f = 5$  Гц, при скорости поверхностных волн  $V = 2000$  м/с длина волны  $\lambda$  составит 400 м. Мощность грунтовой толщи, влияющая на колебания конвейера, в нашем случае будет оцениваться величиной порядка сотен метров. Наибольшую опасность для КНК-270 будут представлять колебания грунта интенсивностью 4-6 баллов при длительности сотрясений 120-140 с на региональных расстояниях от очага ожидаемого землетрясения 210-440 км. При этом периоды (или частоты) собственных колебаний сооружений высотных и протяженных в плане как КНК-270 в большей мере будут соответствовать параметрам колебаний поверхностных волн, что подтверждается зарегистрированными вблизи комплекса сигналами от далеких землетрясений.

Геомеханическими расчетами установлено, что рассматриваемый участок борта карьера на всю его высоту имеет коэффициент запаса в пределах 1,4-1,75 при допустимой величине  $n = 1,3$ . Для групп уступов карьера общей высотой 270 м коэффициент запаса составляет  $n = 1,95-2,3$ . Вероятность возникновения крупномасштабных деформаций Северо-Восточного борта карьера, способных привести к серьезным авариям КНК-270, здесь практически отсутствует. Однако, на отдельных уступах по трассе конвейерной линии в местах размещения опор № 6, 7 и 8 могут начать развиваться локальные деформации, что приведет к их смещению и может вызвать осложнения в работе КНК-270.

Комплекс КНК-270 представляет собой конвейерную линию длиной

483 м, покоящуюся на 9 металлических опорах рамной конструкции высотой  $\approx 13,6$  м. Приближенное значение периода собственных колебаний первой формы опоры рассчитано по формуле:

$$T = 0,0165 \cdot H, \text{ с}$$

где  $H$  - высота опоры, м, и составляет  $T_1 = 0,23$  с.

Ориентировочное значение периодов 2 и 3 формы принимаются

$$T_2 = 0,33 \cdot T_1 > 0,08 \text{ с};$$

$$T_3 = 0,2 \cdot 0,23 = 0,05 \text{ с}.$$

Соответствующие значения резонансных частот составляют 4,35 Гц; 12,5 Гц и 20 Гц. Резонансная частота конвейерной линии длиной 483 м и от воздействия поверхностной волны со скоростью  $V \approx 300 - 500$  м/с составит  $T = 1,67$  с. Средняя длина резонансной волны для дробильно-конвейерного комплекса

$$\lambda_{\text{ср}} = V \cdot T_{\text{ср}} = 500 \text{ м}.$$

В табл. 2 приведены современные научные данные по динамическим параметрам цуга сейсмических колебаний (волн) грунта в ближней зоне в соответствии со шкалой MSK-64 (без учета афтершоков).

Интенсивность воздействий землетрясений в ближней и дальней зонах по сейсмологическим данным в общем виде (магнитуде по поверхностным волнам  $M_{\text{цн}}$  и эпицентральному расстоянию до защищаемого объекта  $\Delta$ , км) определяется согласно табл. 3 с учетом тектонического строения региона.

Как видно из табл. 3, при массовом взрыве 300,0 т вблизи Северо-Восточного борта карьера сейсмическая интенсивность в эпицентре составит меньше 6 баллов, в то же время на КНК-270 будет действовать сейсмическая волна гораздо меньшей

Таблица 2

**Корреляция максимальных ускорений  $X$ , скоростей  $X'$ , смещений  $X$  и остаточных смещений  $X_{ост}$  грунта с балльностью  $J_0$  по шкале MSK-64**

$J_0$	$X''$ , см/с <sup>2</sup>	$X'$ , см/с	$X$ , см	$X_{ост}$ , см
6	44*	3,8*	0,68*	0,12
7	110*(680**)	11*	3,3*	0,72
8	280*	33*	16*	4,36

Примечание:  
 1. Значения  $X_{ост}$ , рассчитаны по методике Н.В. Шебалина,  $1g X_{ост} [мм] = 0,78 J_0 - 4,6$ , а  $X''$ ,  $X'$ ,  $X$  - по методике Ф.Ф. Аппикаева [8];  
 \* - значение медианы;  
 2. Для справки (680\*\*) - измеренное на территории АЭС в Японии при землетрясении 16.07.2007 г. фактическое ускорение почвы, при котором 4 реактора из 8 были остановлены по разным причинам.

Таблица 3

**Зависимость сейсмической интенсивности от магнитуды  $M_{LN}$  и эпицентрального расстояния  $\Delta$**

$M_{LN}$	Эквивал. взрыв $Q_0$ , кт	$I_0$ , в эпицентре	$\Delta$ , км									
			$\geq 20$	21-45	46-80	81-130	140-200	210-270	280-350	360-440	450-540	550-640
>8,2	$5,0 \cdot 10^5$	$\geq 11$	$\geq 11$	$\geq 10$	10	9	8	7	6	5	4	2
7,5-8,1	$4,8 \cdot 10^4$	$\geq 10$	$\geq 10$	$\geq 9$	9	8	7	6	5	4	3	-
6,8-7,4	$410^3$	$\geq 10$	$\geq 9$	$\geq 8$	8	7	6	5	4	3	2	-
6,1-6,7	360,0	$\geq 9$	$\geq 8$	$\geq 8$	7	6	5	4	3	2	-	-
5,4-6,0	30,0	$\geq 8$	$\geq 7$	$\geq 6$	6	5	4	3	2	-	-	-
4,7-5,3	2,7	$\geq 7$	$\geq 6$	6	5	4	3	2	"	-	-	-
4,0-4,6	0,3	$\geq 6$	$\geq 5$	5	4	3	2	-	-	-	-	-
3,3-3,9	0,03	$\geq 5$	$\geq 4$	$\geq 3$	3	2	-	-	-	-	-	-

интенсивности. Регистрация сейсмических волн от взрывов на Северо-Восточном борту от массовых взрывов показывает величину массовой скорости порядка 0,02 см/с, что соответствует балльности величиной 1 -2 балла по шкале MSK-64.

Следует отметить, что за время наблюдений негативного влияния сейсмических явлений на КНК-270 не выявлено. В то же время, для проведения экспериментального обоснования стойкости всего КНК-270 вместе с бортом, на котором он размещен, необходимы постоянные систематизированные

маркшейдерские и геофизические данные измерений.

При исследовании состояния устойчивости бортов карьера Мурунтау установлено, что уровень подвижек блочных структур в районе месторождения далек от критического. Определены отдельные участки бортов карьера, требующие повышенного внимания при проведении горных работ по разработке карьера.

Изучено влияние на участок комплекса КНК-270 внешней динамической нагрузки массовых взрывов и землетрясений при разработке карьер

ера, а так же релаксационных процессов в прибортовом массиве методами сейсмометрии. Установлено, что сейсмическое воздействие зависит от направления сейсмической волны землетрясений относительно оси КНК-270. Наибольшее воздействие оказывают сейсмические волны землетрясений, имеющие направление 90 градусов к оси КНК-270. Для взрывных волн направление не столь существенно.

Для оценки состояния массива в месте расположения крутонаклонного конвейера и для проведения наблюдений за КНК-270 в системе геодинамического мониторинга, применяемого на карьере Мурунтау рекомендовано:

— в момент проведения массовых взрывов комплекс КНК-270 размещать сейсмические станции вблизи опор № 6, 7, 8 на уступе с целью бо-

лее детального контроля поведения борта и КНК-270 в этой зоне.

— для более точной оценки устойчивого состояния комплекса КНК-270 установить в основании каждой из опорных рам обычные горизонтальные уровни (по 4 уровня на каждую опору — всего 36 уровней) с регулярным, после каждого взрыва и землетрясения, занесением в маркшейдерский журнал результатов измерений отклонений опор в горизонтальной плоскости по двум направлениям (X и Y). Направление X — в сторону выработанного пространства, Y — параллельно плоскости борта.

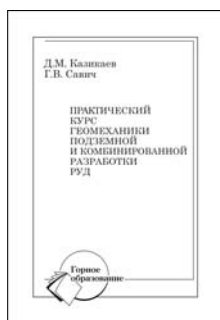
Таким образом, состояние ответственного инженерного сооружения в составе Северо-Восточного борта глубокого карьера Мурунтау с размещенным на нем КНК-270 по результатам измерения, в настоящее время, можно охарактеризовать как устойчивое. **ГИАБ**

## КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Умаров Фарходбек Яркулович — кандидат экономических наук, декан, Ташкентский государственный технический университет, [tstu@tstu.uz](mailto:tstu@tstu.uz)



## ГОРНАЯ КНИГА



### Практический курс геомеханики подземной и комбинированной разработки руд

Д.М. Казикаев, Г.В. Савич

2013 г., 2-е издание

224 с.

ISBN: 978-5-98672-341-9

UDK: 622.272:622.83

Рассмотрены наиболее характерные задачи геомеханики подземной и комбинированной разработки рудных месторождений. В каждой главе изложена методика решения одной или нескольких однотипных задач, также содержится информация об их месте и значимости в общем процессе освоения рудного месторождения.

Для студентов вузов, обучающихся по специальности «Подземная разработка месторождений полезных ископаемых» направления подготовки «Горное дело».