

Г.А.ХОЛОДНЯКОВ, Д.В.ТЕТЕРИН

Санкт-Петербургский государственный горный институт  
(технический университет)

## ПРИЧИНЫ ОБРАЗОВАНИЯ ВРЕМЕННО НЕРАБОЧИХ БОРТОВ КАРЬЕРА И СПОСОБ ИХ РАСКОНСЕРВАЦИИ С ПОМОЩЬЮ СОЗДАНИЯ НАСЫПНОЙ ПРИЗМЫ

Формирование временно нерабочих целиков на современных глубоких карьерах чаще всего носит внеплановый характер и сдерживает развитие горных работ. Предложен способ расконсервации временно нерабочих бортов карьера при помощи создания в их основании насыпной призмы в основном за счет обрушаемых в процессе взрывания горных пород верхних уступов, что позволит в короткие сроки приводить временные целики в рабочее положение.

For prevention of unwanted originating of non-working leases of a bead and running by them it is necessary to systematize and to analyse the reasons of their creation. The reasons of temporarily-non-working walls (TNWW) forming are expedient for partitioning on two base categories-planning and off-schedule. The internal reasons of creation TNWW are, as a rule, result of errors both defects at budgeting and conducting mining operations. Such reasons arise in internal system of activity of the operation.

Анализ производственного опыта и теоретических исследований в области открытой разработки месторождений этапами подтверждает высокую эффективность применения временно нерабочих бортов (ВНБ) для уменьшения и стабилизации эксплуатационного коэффициента вскрыши. В последнее время создание временно нерабочих участков в карьерах носит стихийный характер из-за систематического невыполнения плановых объемов вскрышных работ. Анализ практической работы карьеров позволил систематизировать причины формирования ВНБ (рис.1).

Обращает на себя внимание тот факт, что из-за сложной экономической ситуации на карьерах возникла масса внеплановых причин, повлекших за собой образование в карьерах целиков, сдерживающих развитие горных работ.

Размеры отдельных временно нерабочих зон на крупных современных карьерах достигают 200 м по высоте и 1000 м в плане. Своевременное приведение временно нерабочих участков борта в рабочее положение

(расконсервация) на современных карьерах является одной из наиболее острых проблем в сложной экономической ситуации. Существующие в настоящее время способы и технологии разноса бортов не позволяют обеспечивать требуемую интенсивность их расконсервации.

В большинстве случаев разноска борта осуществляется сверху вниз, от верхних уступов к нижним. В этом случае возможность подвигания борта определяется моментом приведения в рабочее положение его нижнего уступа. Для этого нужно разнести все вышележащие уступы. Период расконсервации борта будет определяться скоростью подвигания уступов в соответствии с законом соразмерности горных работ на смежных уступах.

Достичь более высокой скорости расконсервации борта и стабилизировать вынимаемые при этом объемы можно с помощью образования насыпной призмы. В качестве примера рассмотрим нерабочий участок борта карьера CG (рис.2), не имеющий рабочих площадок. При его расконсервации обычным

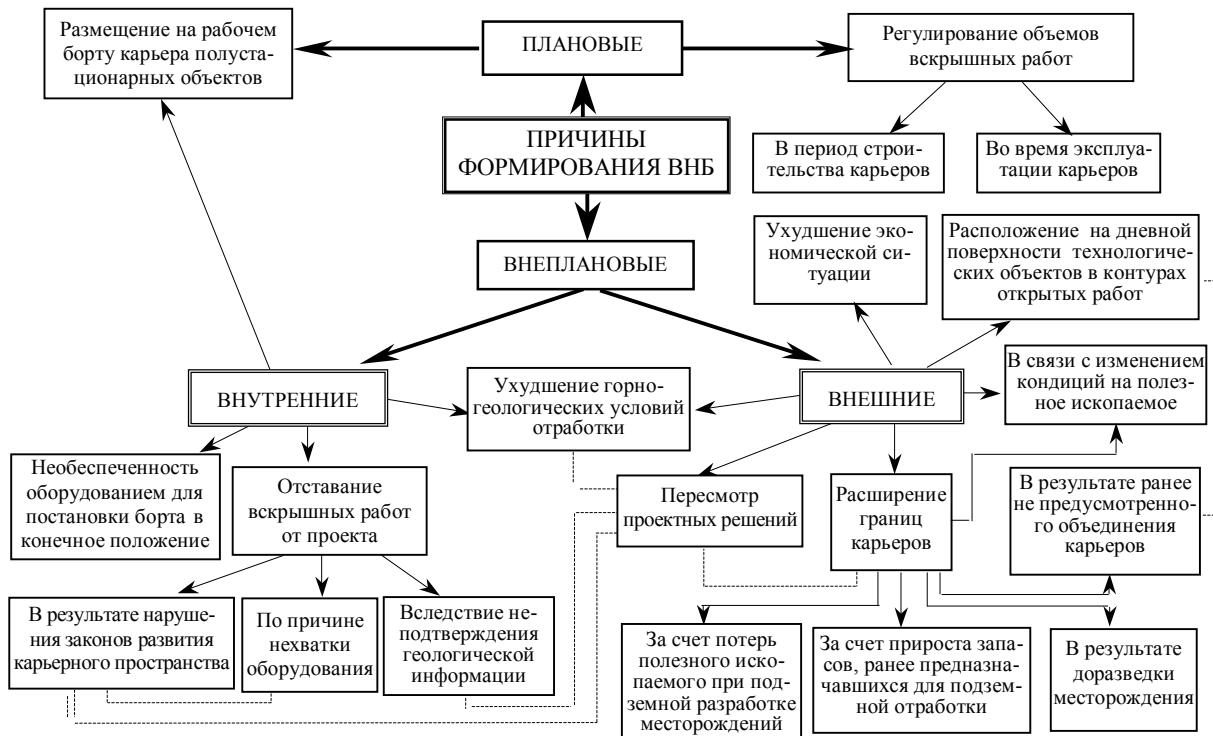


Рис.1. Систематизация причин формирования временно нерабочих бортов карьера

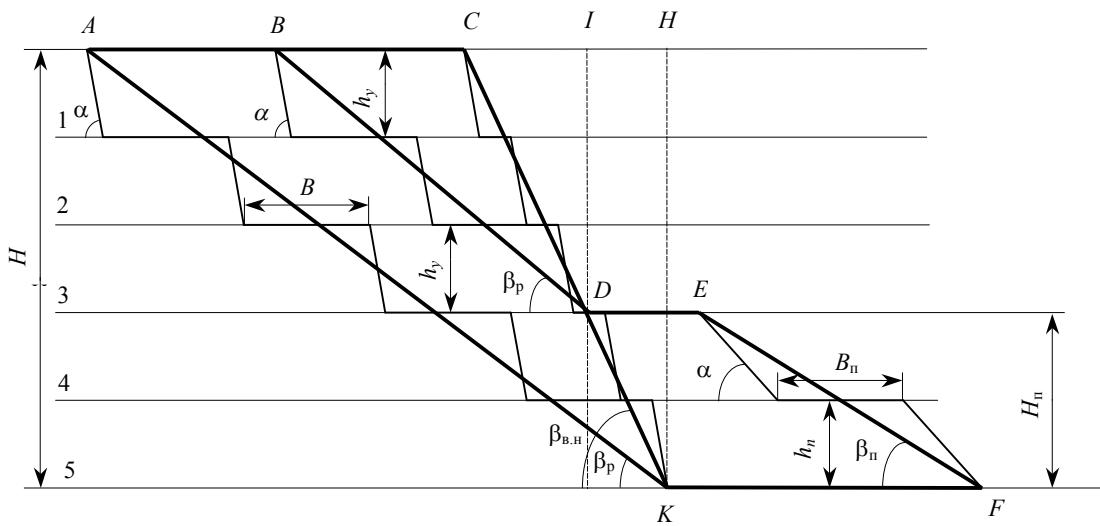


Рис.2. Схема расконсервации ВНБ с образованием насыпной призмы

способом горные работы осуществляются сверху вниз. Для постановки всех уступов борта  $CG$  в рабочее положение необходимо произвести выемку объемов горной массы в контурах  $ACG$ . При этом на каждом уступе формируются рабочие площадки шириной  $B$ .

Ускорить приведение борта в рабочее положение и сократить объемы горной мас-

сы в начальный период можно за счет его расконсервации с образованием насыпной призмы. Суть идеи состоит в том, что в нижней части законсервированного борта из взорванных пород формируется насыпная призма (рис.2). Таким образом искусственно создается часть борта карьера с необходимыми дополнительными рабочими площа-

ками. Это позволяет размещать горное оборудование на нижних горизонтах, интенсифицировать процесс расконсервации ВНБ, а также обеспечивать транспортный доступ к участку разноса борта. Порядок ведения работ при этом следующий.

В первую очередь отрабатывается объем  $BCD$  между фактическим положением борта  $CDG$  и контуром  $BD$ , отстраиваемом под углом рабочего борта  $\beta_p$  из точки  $D$  – точки примыкания насыпной призмы  $DEFG$  к линии откоса ВНБ. Положение точки  $D$  на линии  $CG$  определяется высотой насыпной призмы. Одновременно с выемкой объемов  $BCD$  осуществляется строительство насыпной призмы из части этих же пород, обрушаемых в основание целика при взрывании. Расчеты показывают, что доля обрушаемых при взрывании пород в объеме насыпной призмы может достигать 50-60 %, что указывает на возможность и целесообразность сооружения из них насыпной призмы.

На втором этапе расконсервации горные работы ведутся в контурах  $ABDG$ . На этом этапе разрабатываются и рабочие, расконсервированные на первом этапе работ, и нерасконсервированные уступы, присыпанные призмой. При этом горное оборудование располагается на рабочих площадках, одна часть которых состоит из пород массива, а другая выполнена из насыпных пород. Насыпные породы призмы в ходе разноса нижней части борта экскавируются и транспортируются вместе с породами из массива.

Технология расконсервации ВНБ с образованием насыпной призмы позволяет существенно (до 60 %) сократить объемы горных работ, необходимые для приведения борта в рабочее положение, и более рационально распределять их во времени. При этом достигается более высокая по сравнению с обычным способом скорость разноса породного борта, что является весьма важным обстоятельством для сохранения уровня производительности по руде в условиях ее дефицита.

Эффективность способа расконсервации борта карьера с образованием насыпной призмы определяется из выражения:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_c - Z_n, \quad (1)$$

где  $\mathcal{E}_c$  – экономический эффект от сокращения вскрышных работ на первом этапе;  $Z_n$  – затраты на создание и отработку насыпной призмы;

$$\mathcal{E}_c = (V_o - V_{np})C_b = \Delta V C_b, \quad (2)$$

$V_o$  – объем работ при обычном способе разноса ( $ACG$ ), м<sup>3</sup>;  $V_{np}$  – объем работ при разносе борта с образованием насыпной призмы ( $BCD$ ), м<sup>3</sup>;  $\Delta V$  – объемы, сэкономленные на первом этапе работ ( $ABDG$ ), м<sup>3</sup>;  $C_b$  – себестоимость вскрышных работ, руб./м<sup>3</sup>;

$$Z_n = V_n C_n, \quad (3)$$

$V_n$  – объем насыпной призмы, м<sup>3</sup>;  $C_n$  – удельные затраты на создание и отработку насыпной призмы, руб./м<sup>3</sup>.

При рассмотрении треугольников  $AHG$  и  $CHG$  (рис.1) можно определить объем работ, необходимый для разноса борта обычным способом,

$$V_o = \frac{H^2}{2} (\operatorname{ctg}\beta_p - \operatorname{ctg}\beta_{b,h}), \quad (4)$$

где  $H$  – высота временно нерабочего борта, м;  $\beta_p$  – угол откоса рабочего борта, град.;  $\beta_{b,h}$  – угол откоса временно нерабочего борта, град.

Объем работ в контурах  $BCD$  определяется из треугольников  $BID$  и  $CID$ :

$$V_{np} = \frac{(H - H_n)^2}{2} (\operatorname{ctg}\beta_p - \operatorname{ctg}\beta_{b,h}). \quad (5)$$

Зная  $V_o$  и  $V_{np}$ , можно определить

$$\begin{aligned} \Delta V &= V_o - V_{np} = \\ &= \frac{H_n}{2} (2H - H_n) (\operatorname{ctg}\beta_p - \operatorname{ctg}\beta_{b,h}). \end{aligned} \quad (6)$$

Объем насыпной призмы ( $DEFG$ ) определим следующим образом:

$$V_n = \frac{H_n}{2} [H_n (\operatorname{ctg}\beta_n - \operatorname{ctg}\beta_{b,h}) + 2B_n], \quad (7)$$

где  $H_n$  – высота насыпной призмы;  $\beta_n$  – угол откоса насыпной призмы, град.;  $B_n$  – ширина площадки насыпной призмы, м.

Экономическая эффективность применения способа двухэтапной расконсервации ВНБ в зависимости от высоты насыпной

призмы определяется из выражения (1) с учетом формул (2), (3), (6) и (7):

$$\mathcal{E} = \frac{1}{2} \left\{ H_n C_b (2H - H_n)(\operatorname{ctg}\beta_p - \operatorname{ctg}\beta_{b,n}) - H_n C_n [2B_n + H_n(\operatorname{ctg}\beta_n - \operatorname{ctg}\beta_{b,n})] \right\}. \quad (8)$$

Приравняв полученное выражение к нулю, найдем максимальную высоту насыпной призмы, при которой оба способа расконсервации борта являются равносильными, т.е. экономическая эффективность двухэтапной расконсервации борта равна нулю. Для этого преобразуем формулу (8):

$$H_{n_{max}} = \frac{2HC_b(\operatorname{ctg}\beta_p - \operatorname{ctg}\beta_{b,n}) - 2B_n C_n}{C_n(\operatorname{ctg}\beta_n - \operatorname{ctg}\beta_{b,n}) + C_b(\operatorname{ctg}\beta_p - \operatorname{ctg}\beta_{b,n})}. \quad (9)$$

Дальнейшая задача сводится к определению экстремума функции (9), нахождению оптимальной высоты насыпной призмы, обеспечивающей наибольшую эффективность. Для этого продифференцируем выражение (9):

$$H_{n_{opt}} = \frac{HC_b(\operatorname{ctg}\beta_p - \operatorname{ctg}\beta_{b,n}) - B_n C_n}{C_n(\operatorname{ctg}\beta_n - \operatorname{ctg}\beta_{b,n}) + C_b(\operatorname{ctg}\beta_p - \operatorname{ctg}\beta_{b,n})}. \quad (10)$$

Полученная зависимость дает возможность рассчитать высоту насыпной призмы из условия достижения максимальной экономической эффективности. Как показало исследование функции (9), она имеет один гладкий экстремум (максимум).

Разработанная технология расконсервации ВНБ рассматривалась на примере карьера «Центральный» Костомукшского железорудного месторождения. Сформированный на восточном борту карьера и подлежащий расконсервации ВНБ представлял собой сплошной целик с углом откоса 36-45°, высотой 75-90 м и длиной 400 м. Для ведения работ по его разноске были использованы экскаваторы ЭКГ-10 и буровые станки СБШ-250. Результаты расчетов объемов работ и сроков расконсервации ВНБ представлены ниже:

Показатель	Последовательная разнотка целика сверху вниз	Расконсервация целика с образованием насыпной призмы
Объем работ по расконсервации ВНБ, тыс. м <sup>3</sup>	823	296
Бурение, тыс. м	21,20	5,58
гор. +55 м	7,81	3,35
гор. +40 м	6,70	2,23
гор. +25 м	4,46	–
гор. +10 м	2,23	–
Экскавация, тыс. м <sup>3</sup>	1209,6	376,2
гор. +55 м	525,6	140,8
гор. +40 м	385,6	88,4
гор. +25 м	210,0	–
гор. +10 м	88,4	43,6
гор. – 5 м	–	103,4
Общее время работ, смены	454	119

На основе построения и анализа технологических графиков возобновления и развития горных работ установлено, что при-

менение разработанной технологии позволяет сократить срок производства работ в 3,8 раза, а их объем – на 64 %.