

## К ОБОСНОВАНИЮ ОПТИМАЛЬНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ БОРТОВ КАРЬЕРА В ПОГАШЕНИИ

© 2001 г. Ю. А. Агабян\*, А. Т. Багдасарян\*\*

\*Государственная комиссия по запасам полезных ископаемых РА  
375009 Ереван, ул. Корюна 14, Республика Армения.

\*\*Институт геологических наук НАН РА  
375019 Ереван, пр. Маршала Баграмяна, 24а, Республика Армения.  
E-mail: hrshah@sci.am

Поступила в редакцию 25.11.1999 г.

В статье рассматриваются вопросы обоснования оптимальных конечных контуров карьера для случаев, когда оруденение ограничивается глубиной его распространения, то есть граничный коэффициент вскрыши на предельной глубине карьера ниже контурного. Доказана целесообразность перемещения бортов карьера в погашении в рудное тело на определенную величину (по выведенной формуле), а также на условном примере рассчитан экономический эффект от применения предложенной методики

В теории и практике обоснования оптимальных контуров карьера основное внимание уделяется определению оптимальной глубины открытых работ. Такой подход совершенно справедлив в тех случаях, когда рудное тело по падению имеет большое распространение, и необходимо определить положение дна карьера при открытом и комбинированном способах разработки (рис.1,а).

В тех же случаях, когда распространение рудного тела по падению ограничивается природными условиями (отсутствием оруденения на более глубоких горизонтах), то есть когда положение дна карьера не достигает оптимальной глубины и месторождение с допустимым экономическим эффектом могло бы разрабатываться на более глубоких горизонтах, следует изменить подход к определению положений бортов карьера в погашении (рис.1,б).

Как видно из рис. 1(б), оруденение заканчивается на глубине карьера  $H_k$ .

Для таких случаев в работах [2,3] разработана методика оконтуривания карьеров при разработке вытянутых рудных тел и выведены формулы, с помощью которых четко и однозначно можно определить оптимальные конечные контуры бортов карьера. При этом, последние обосновываются из условия равенства граничного ( $K_{гр}$ ) и контурного ( $K_{кон}$ ) коэффициентов вскрыши:

$$K_{гр} = K_{кон}, \quad (1)$$

Здесь следует отметить, что при постоянной

конечной глубине карьера ( $H_k = \text{const}$ ) контурный коэффициент вскрыши представляет собой соотношение боковых поверхностей бортов карьера по вскрыше ( $S_{б,в}$ ) и руде ( $S_{б,р}$ ), что для линейно вытянутых карьеров сводится к линейному соотношению. Тогда нетрудно убедиться в том, что при расположении нижних бровок бортов карьера на поверхностях висячего и лежащего боков контурный коэффициент вскрыши  $K_{кон} \rightarrow \infty$ , что доказывается перемещением бортов карьера вглубь рудного тела на величину  $\Delta l \rightarrow 0$ .

Основываясь на отмеченном выше, определим оптимальные конечные контуры карьера, когда рудное тело имеет изометрическую форму. В этом случае, в отличие от предыдущего (вытянутое рудное тело), следует учитывать объемы, добываемые из торцовых частей карьера, поскольку они составляют заметную часть общего объема горной массы.

Таким образом, задача сводится к следующему. Борты карьера в погашении, представленные контурами 1 (рис.1,б), необходимо переместить частично в рудное тело с таким расчетом, чтобы для вновь полученных конечных контуров карьера имело место условие (1). С целью решения поставленной задачи определим высоту  $h$ , при которой обеспечивается равенство (1). Как было отмечено выше, контурный коэффициент вскрыши в этом случае представляет собой отношение площадей боковых поверхностей усеченных конусов, расположенных сверху

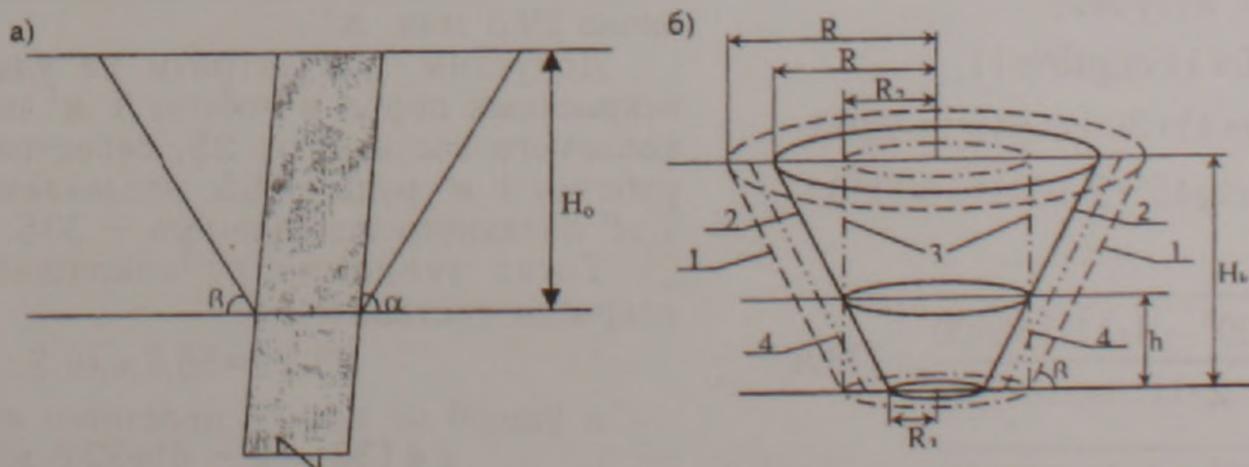


Рис. 1 Схема обоснования оптимальных конечных контуров карьера: а) при большом распространении рудного тела по падению; б) при ограниченном распространении рудного тела по падению; 1. - - - - контуры карьера при  $K_{кон} \rightarrow \infty$ ; 2. — контуры карьера при  $K_{кон} = K_{гр}$ ; 3. - . . . . контуры рудного тела; 4. - . . . . контуры карьера в промежуточном положении бортов.

(вскрыша) и снизу (полезное ископаемое). В связи с изложенным, полученные конечные контуры карьера 2 являются оптимальными. Другими словами, борта карьера из положения 1 целесообразно переместить в рудное тело на величину  $h \cdot \text{ctg} \beta$ .

Тогда:

$$K_{\text{кон}} = K_{\text{гр}} = \frac{\pi(H_k - h)(R_1 + R_2)}{\sin \beta} \cdot \frac{\pi h(R_2 + R_3)}{\sin \beta} \quad (2)$$

где  $R_1 = (H_k - h) \text{ctg} \beta + R_2$  и  $R_3 = R_2 - h \text{ctg} \beta$ . Подставляя значения  $R_1$  и  $R_3$  в уравнение (2) и произведя некоторые преобразования, получим:

$$K_{\text{кон}} = K_{\text{гр}} = \frac{(H_k - h)[(H_k - h) \text{ctg} \beta + 2R_2]}{h(2R_2 - h \text{ctg} \beta)}, \quad (3)$$

что в результате сводится к решению следующего квадратного уравнения:

$$h^2 \text{ctg} \beta (K_{\text{гр}} + 1) - 2h[R_2(K_{\text{гр}} + 1) + H_k \text{ctg} \beta] + H_k(H_k \text{ctg} \beta + 2R_2) = 0 \quad (4)$$

Обозначим:  $a = \text{ctg} \beta (K_{\text{гр}} + 1)$ ;  $b = -2[R_2(K_{\text{гр}} + 1) + H_k \text{ctg} \beta]$  и  $c = H_k(H_k \text{ctg} \beta + 2R_2)$ .

Следовательно:

$$h_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad (5)$$

Следует отметить, что точно такой же результат получится, если высоту  $h$  определить с помощью метода матанализа.

Для определения высоты  $h$  предварительно следует рассчитать граничный коэффициент вскрыши, который функционально зависит от фактического содержания полезного компонента в руде  $C_\phi$  в урезаемых контурах [1]:

$$K_{\text{гр}} = C_\phi b_1 \cdot b_2 \quad (6)$$

Как видно из формулы (3), при  $h \rightarrow 0$ ,  $K_{\text{кон}} \rightarrow \infty$ .

На условном примере покажем определение  $h$ . Пусть  $R_2 = 100 \text{ м}$ ,  $\beta = 45^\circ$ ,  $H_k = 300 \text{ м}$ ,  $K_{\text{гр}} = 10 \text{ м}^3/\text{м}^3$ . Подставляя значения, получим:

$$a = (10 + 1) \cdot \text{ctg} 45^\circ = 11,$$

$$b = -2 \cdot [100 \cdot (10 + 1) + 300 \cdot \text{ctg} 45^\circ] = -2800,$$

$$c = 300 \cdot (300 \cdot \text{ctg} 45^\circ + 2 \cdot 100) = 150000.$$

Следовательно:

$$h_1 = \frac{2800 + \sqrt{2800^2 - 4 \cdot 11 \cdot 150000}}{2 \cdot 11} = 178 \text{ м},$$

$$h_2 = \frac{2800 - \sqrt{2800^2 - 4 \cdot 11 \cdot 150000}}{2 \cdot 11} = 77 \text{ м}.$$

Очевидно, что из полученных двух значений физический смысл имеет только один корень. В сказанном нетрудно убедиться, если для высот  $h_1$  и  $h_2$  рассчитаем ширину (диаметр) дна карьера по формуле:

$$b = 2R_2 - 2h \text{ctg} \beta. \quad (7)$$

Следовательно:  $b_1 = 2 \cdot 100 - 2 \cdot 178 \cdot \text{ctg} 45^\circ = -156 < 0$ , что не имеет физического смысла;  $b_2 = 2 \cdot 100 - 2 \cdot 77 \cdot \text{ctg} 45^\circ = 46 \text{ м}$ . То есть, в этом условном примере оптимальная величина передвижения бортов карьера в рудное тело равна  $77 \cdot \text{ctg} 45^\circ = 77 \text{ м}$ .

Теперь рассчитаем объемы вскрышных пород ( $\Delta V_{\text{в}}$ ) и полезного ископаемого в урезаемых контурах карьера ( $\Delta V_{\text{пи}}$ ).

Основываясь на рис. 1(б), можем записать:

$$\Delta V_{\text{пи}} = \pi R_2^2 h - \frac{\pi h}{3} (R_2^2 + R_2 R_3 + R_3^2).$$

Подставляя соответствующие значения, получим:

$$\Delta V_{\text{пи}} = 1383868 \text{ м}^3$$

В свою очередь:

$$\Delta V_{\text{в}} = \frac{\pi H_k}{3} (R^2 + R R_2 + R_2^2) -$$

$$- \frac{\pi H_k}{3} (R_1^2 + R_1 R_3 + R_3^2) - \Delta V_{\text{пи}},$$

где  $R = R_2 + H_k \text{ctg} \beta$ .

Подставляя соответствующие значения, получим:

$$\Delta V_{\text{в}} = 29298014 \text{ м}^3.$$

Таким образом, в урезаемых контурах карьера объем полезного ископаемого составляет около  $1.4 \text{ млн. м}^3$ , а коэффициент вскрыши в урезаемых контурах -  $21 \text{ м}^3/\text{м}^3$ .

Рассчитаем для данного примера экономический эффект, который может быть получен от применения предложенной методики обоснования оптимальных конечных контуров карьера.

Как отмечалось выше, в урезаемых контурах карьера объем полезного ископаемого составляет около  $1.4 \text{ млн. м}^3$ , объем вскрышных пород - около  $29.3 \text{ млн. м}^3$ .

Допустим, что затраты на удаление  $1 \text{ м}^3$  вскрышных пород и добычу  $1 \text{ м}^3$  полезного ископаемого составляют  $2 \$$ , себестоимость переработки  $1 \text{ м}^3$  руды -  $6 \$$ , извлекаемая ценность  $1 \text{ м}^3$  полезного ископаемого -  $30 \$$ .

Тогда экономия от сокращения объема вскрыши составит:

$$29.3 \cdot 2 = 58.6 \text{ млн. \$},$$

а ущерб от потерь полезного ископаемого:  $1.4 \cdot (30 - 2 - 6) = 30.8 \text{ млн. \$}$ .

Следовательно, экономический эффект от применения предложенной методики для приведенного условного примера составит:

58.6 - 30.8 = 27.8 մլն \$.

Резюмируя вышесказанное, можно сделать следующие выводы:

1. Когда распространение рудного тела на глубину ограничивается природными условиями (отсутствием оруденения на более глубоких горизонтах), то есть, когда на этой глубине  $H_c$  контурный коэффициент превышает граничный, необходимо борта карьера в погашении частично перемещать на расчетную величину в рудное тело.

2. При разработке линейно вытянутого рудного тела обоснование оптимальных конечных контуров карьера представляет собой линейную задачу, а при изометрической форме – плоскую задачу.

3. Применение предложенной методики обоснования оптимальных конечных контуров карьера обеспечит значительный экономический эффект.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Агабалян Ю. А. Теория и практика оптимального освоения недр. М.: Недра, 1994. 174 с.
2. Агабалян Ю.А., Лазарян Ф.С., Багдасарян А.Т. Уточнение предельного контура карьера. Горный журнал, 1996. № 5, с.49-53.
3. Багдасарян А.Т. Использование граничного коэффициента вскрыши при решении ряда горно-геометрических задач. Сб. научных трудов института Армнипроцветмет, 1994-1995 – Ереван: Манкаварж, 1996, с.157-164.

### ՄԱՐՄԱՆ ՇՐՋԱՆՈՒՄ ԲԱՅՃԱՆՔԻ ԿՈՂԵՐԻ ՕՊՏԻՄԱԼ ԴԻՐՔԻ ՀԻՄՆԱՎՈՐՄԱՆ ՀՈՒՐՋ

Յու. Ա. Աղաբալյան, Ա. Թ. Բաղդասարյան

Ա մ փ ո փ ու մ

Հողվածում դիտարկվում են բացհանքի օպտիմալ վերջնական եզրագծերի հիմնավորման հարցերը, երբ հանքավայրը ներկայացված է ըստ խորության սահմանափակ տարածմամբ և իզոմետրիկ տեսք ունեցող հանքամարմնով: Ապացուցվել է մարման չրջանում բացհանքի կողերի որոշակի հաշվարկային մեծությամբ (ըստ դուրս բերված բանաձևի) դեպի հանքամարմինը տեղաշարժման նպատակահարմարությունը, ինչպես նաև պայմանական օրինակի վրա հաշվարկվել է առաջարկվող մեթոդիկայի կիրառման հետևանքով առաջացող տնտեսական արդյունավետությունը:

### ABOUT SUBSTANTIATION OF OPTIMAL BORDER LOCATIONS FOR DUFFER PIT

Yu. A. Aghabalyan, A. T. Baghdassaryan

Abstract

The article addresses issues of substantiation of optimal pit limiting contour lines for the cases of mineralization delimited by its spreading depth, i.e., the limiting ratio of overburden at the maximum pit depth being below the contour. Advisability of dislocation of duffer pit borders into the ore body for a certain magnitude (set by a derived formula) is proved, and cost-efficiency of the suggested technique is calculated by a conditional case study.