

Ю. А. АГАБАЛЯН, Ф. С. ЛАЗАРЯН, А. Т. БАГДАСАРЯН

К ОБОСНОВАНИЮ БОРТОВОГО СОДЕРЖАНИЯ И ПРЕДЕЛЬНОГО ПОЛОЖЕНИЯ ПОГАШАЕМЫХ УСТУПОВ ПРИ ПОЛОГОМ И НАКЛОННОМ ЗАЛЕГАНИИ РУДНЫХ ТЕЛ

В статье рассматриваются вопросы оконтуривания балансовых запасов при открытом способе разработки рудных месторождений и оптимального расположения погашаемых уступов в лежащем боку пологих и наклонных тел полезных ископаемых. Излагается методика и приводятся расчетные формулы для обоснования этих важных для проектирования и эксплуатации параметров.

На количество и качество балансовых и эксплуатационных запасов руды при открытом способе разработки наибольшее влияние оказывают бортовое содержание и предельные контуры карьера.

В практике промышленной оценки рудных месторождений бортовое содержание, как правило, определяется методом вариантов и имеет одно и то же значение для всех частей месторождения. В то же время в работе [1] показано, что его определение должно производиться дифференцированно, в частности, с учетом технологии разработки отдельных рудных тел (при подземном способе) и пространственного расположения руд с бортовым содержанием (при открытом способе). Бортовое содержание полезного компонента в руде при открытом способе рекомендуется [1] определять отдельно для двух возможных случаев: 1) разным вариантам бортового содержания соответствуют неизменные контуры карьера; 2) с изменением бортового содержания изменяются и конечные контуры карьера. Сказанное поясним на схематическом поперечном разрезе Разданского железорудного месторождения (рис. 1), когда угол падения рудного тела не превышает угла откоса борта карьера, то есть последний располагается в лежащем боку рудного тела. При бортовом содержании железа 20% промышленных запасов руды заключено между линиями (1), а при бортовом содержании 15% — между линиями (2). В первом случае, очевидно, конечные контуры карьера будут представлены ломаной линией ABCD. Нетрудно убедиться, что запасы руды между бортовыми содержаниями 15 и 20%, расположенной в висячем боку рудного тела, будут извлекаться из недр, независимо от того намечается ли направлять эти руды на обогащение или в отвалы пустых пород. Поэтому при определении бортового содержания для первого случая затраты на добычу руды практически учитывать не следует, что доказывается и чисто математически на основе решения этой и других задач с использованием приростных затрат [1, 2]. Здесь достаточно учитывать лишь разницу в затратах на перевозку руды до обогатительной фабрики и вскрыши — до отвалов.

При оценке же запасов в прирезке между рассматриваемыми

вариантами бортового содержания со стороны лежачего бока картина меняется: борт карьера СД следует отодвинуть по линии MN, что связано с учетом затрат по добыче руды в прирезке. При этом, если рудное тело имеет непосредственный выход на земную поверхность,

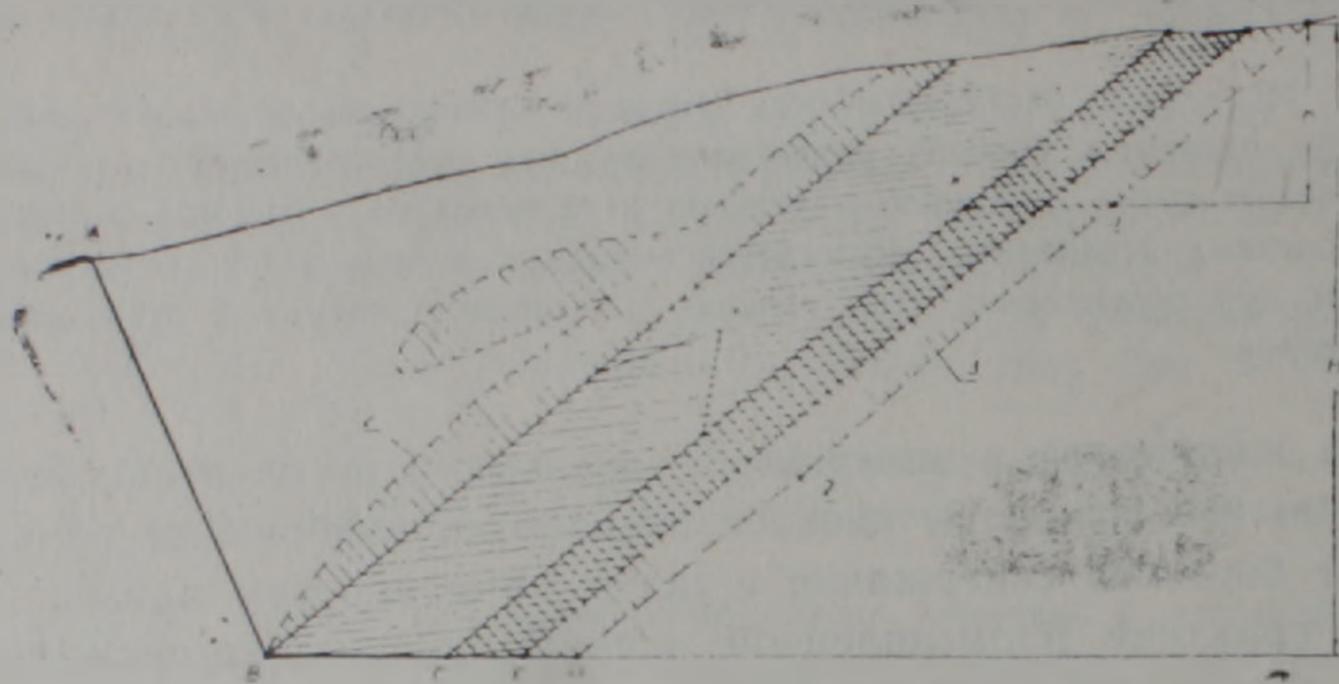


Рис. 1. Контуры рудного тела и бортов карьера при различных вариантах бортового содержания.

то затраты на вскрышные работы в этой прирезке, очевидно, равны нулю, а если оруденение начинается с глубины h от земной поверхности, то следует учесть и затраты на вскрышные работы при коэффициенте вскрыши в прирезаемых запасах $\Delta K_v = h/(H-h)$. Поэтому, если, допустим, расчетное значение бортового содержания со стороны висячего бока равно 15%, то со стороны лежачего бока оно обязательно будет выше и пройдет по некоторой линии EF, с которой и совмещают борт карьера. Расчетные формулы определения стоимостного и натурального выражений бортового содержания (при постоянном содержании полезного компонента в хвостах) приводятся в вышеуказанных работах. Формула определения натурального значения этого лимита с учетом динамики изменения извлечения полезного компонента в концентрат от содержания этого компонента в руде приводится в работе [3].

Предельные границы открытых горных работ, как известно, определяются с помощью граничного коэффициента вскрыши. В работах [1, 4] обосновывается, что как и при обосновании лимитов содержаний здесь также следует использовать принцип учета приростных приведенных затрат. При этом даются решения для двух возможных случаев определения граничного коэффициента вскрыши: 1) при разработке месторождения только открытым способом и 2) при комбинированной открыто-подземной разработке месторождения. В результате решения получены следующие уравнения зависимости граничного коэффициента вскрыши от фактического содержания полезного компонента в массиве рудного тела C_ϕ :

для первого случая—

$$K_{rp} = b_1 C_{\phi} - b_2; \quad (1)$$

для второго случая—

$$K_{rp} = d_1 C_{\phi} + d_2, \quad (2)$$

где b_1 , b_2 , d_1 и d_2 — расчетные численные коэффициенты.

Граничный коэффициент вскрыши во всех известных работах используется лишь для определения предельной глубины карьера. Использование принципа учета приростных затрат и полученные зависимости искомого параметра от фактического содержания полезного компонента в отдельных частях массива рудного тела позволяют решать еще ряд важных задач. В частности, для условий Разданского железорудного и ряда других месторождений довольно актуально обоснование оптимального расположения погашаемых уступов в лежащем боку рудного тела, когда угол падения последнего меньше допустимого угла откоса борта карьера (рис. 2).

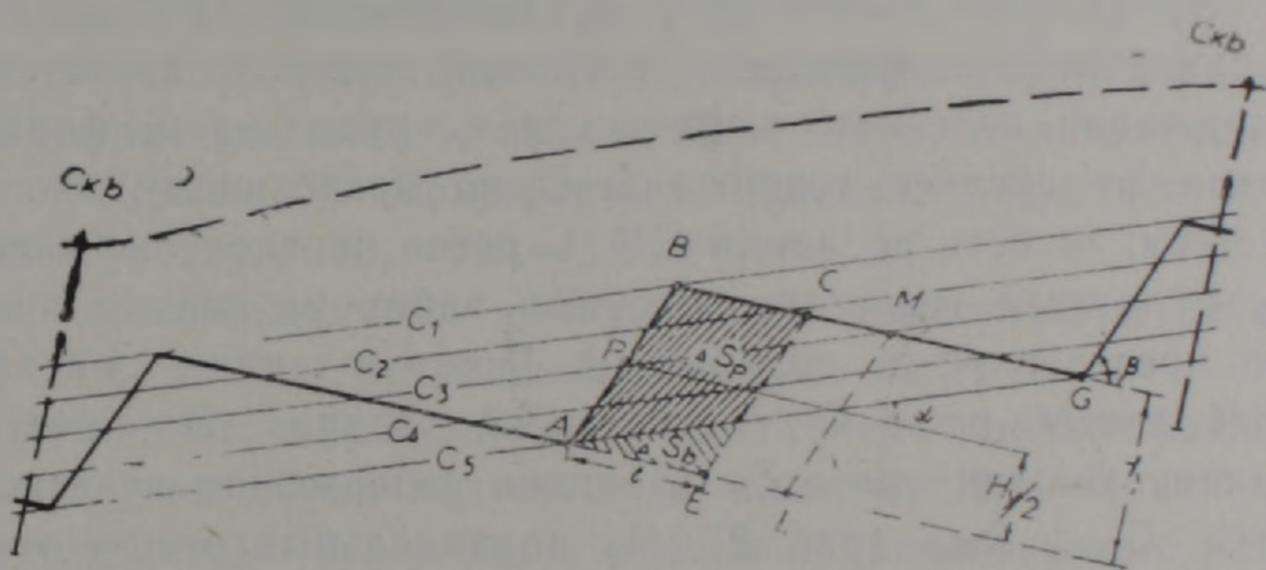


Рис. 2. Схема к определению целесообразного извлечения дополнительных запасов при погашении уступов в лежащем боку полого-наклонно залегающего рудного тела.

Если для определения предельного положения погашаемых уступов пользоваться только бортовым содержанием $C_{\text{борт}}$, то нижние бровки уступов следует расположить на линии $C_{\text{борт}}$. Тогда нетрудно убедиться, что потери балансовых запасов руд в целиках лежащего бока каждого из погашаемых уступов в поперечном сечении представляют собой треугольники ABG и т. д. Очевидно, что среднее содержание полезного компонента в этих треугольниках, как правило, выше бортового (на Разданском месторождении, например, затухание оруденения к вмещающим породам происходит постепенно). В свете изложенного представляет интерес решение задачи по дополнительному извлечению запасов из этих треугольников. С этой целью переместим по горизонтали на величину l точку A в точку E с таким расчетом, чтобы соотношение $DE:CD$ на предельном контуре было равно граничному коэффициенту вскрыши, определенному по формуле (1).

Из рис. 2 определим прирезаемые площади горной массы $\Delta S_{\text{гм}}$, вскрыши ΔS и руды $\Delta S_{\text{р}}$:

$$\Delta S_{гм} = lH_y; \quad (3)$$

$$\Delta S_b = \frac{l^2}{2(\operatorname{ctg}\alpha - \operatorname{ctg}\beta)}; \quad (4)$$

$$\Delta S_p = lH_y - \frac{l^2}{2(\operatorname{ctg}\alpha - \operatorname{ctg}\beta)}. \quad (5)$$

Для определения контурного (по откосу уступа) коэффициента вскрыши ΔK_b при перемещении уступа на величину l необходимо найти отношение производных ΔS_b и ΔS_p :

$$\Delta K_b = \frac{l}{H_y(\operatorname{ctg}\alpha - \operatorname{ctg}\beta) - l}. \quad (6)$$

Из уравнения (6) определим искомую величину l при $\Delta K_b = K_{гр}$:

$$l = \frac{K_{гр}H_y(\operatorname{ctg}\alpha - \operatorname{ctg}\beta)}{K_{гр} + 1}. \quad (7)$$

Для определения величины l предварительно необходимо рассчитать граничный коэффициент вскрыши, который является функцией содержания полезного компонента в руде C_ϕ (см. формулу 1). Нас интересует среднее содержание C_ϕ по предельному положению откоса уступа, то есть по линии СД. Строгое определение такого значения C_ϕ по данным геологоразведочных работ на стадии проектирования не представляется возможным. Поэтому ниже предлагается следующий способ решения поставленной задачи. По результатам опробования скважин проведем изолинии содержания полезного компонента $C_1, C_2, \dots, C_{\text{борт}}$ (рис. 2). На параллельных откосу уступа отрезках АВ ..., СД ..., МК ... определим средние содержания полезного компонента C_1, C_2, \dots и для каждого из этих значений определим $K_{гр1}, K_{гр2}, \dots$, а с использованием последних — величины l_1, l_2, l_3, \dots по формуле (7). Оптимальное значение l соответствует крайнему (от АВ) положению уступа, когда величины $C_\phi, K_{гр}, \Delta K_b$ и l находятся в соответствии.

Если допустить, что содержание полезного компонента от C_1 к $C_{\text{борт}}$ убывает равномерно, то содержания по линиям СД, МК ... могут быть определены по линейной зависимости:

$$C_\phi = a_2 - a_1 l, \quad (8)$$

где a_1 и a_2 — постоянные коэффициенты.

Подставив полученное значение C_ϕ в формулу (1), получим зависимость граничного коэффициента вскрыши от l :

$$K_{гр} = (b_1 a_2 - b_2) - b_1 a_1 l. \quad (9)$$

Для определения искомого значения l подставим значение $K_{гр}$ в формулу (7). В результате получим квадратное уравнение:

$$a_1 b_1 l^2 - [b_1 a_2 - b_2 + a_1 b_1 H_y (\operatorname{ctg}\alpha - \operatorname{ctg}\beta) + 1] l + H_y (b_1 a_2 - b_2) (\operatorname{ctg}\alpha - \operatorname{ctg}\beta) = 0, \quad (10)$$

решив которое определим величину l , которая имеет действительное значение лишь в интервале $0 < l < H_y(\operatorname{ctg}\alpha - \operatorname{ctg}\beta)$.

Покажем определение l на следующем условном примере, при следующих значениях: $C_{\text{борт}} = 6\%$; $C_1 = 20\%$ (содержание в точке В); $H_y = 10\text{ м}$; $\operatorname{ctg}\alpha - \operatorname{ctg}\beta = 2,14$; $K_{\text{гр}} = 6$; $C_\phi = 96$.

Первоначально определим уравнение зависимости C_ϕ от l . Содержание по линии АВ ($l=0$) составит: $(20+16):2 = 18\%$. Значение l в точке G $= H_y(\operatorname{ctg}\alpha - \operatorname{ctg}\beta) = 21,4\text{ м}$, а содержание полезного компонента равно $C_{\text{борт}} = 16\%$. Из этих данных нетрудно определить величины искомых коэффициентов:

$$a_2 = 18; a_1 = 0,09346.$$

Подставив соответствующие значения в уравнение (10) и решив его, получим два корня: $l_1 = 16,1\text{ м}$; $l_2 = 28,5\text{ м}$, второй из которых не является решением задачи ($\Delta K_{\text{в}} = K_{\text{гр}} = -4\text{ м}^3/\text{м}^3$). При $l = 16,1\text{ м}$, $\Delta K_{\text{в}} = K_{\text{гр}} = 3\text{ м}^3/\text{м}^3$.

Очевидно, что в дополнительно извлекаемых запасах среднее содержание будет выше, а коэффициент вскрыши—ниже, чем на предельном контуре погашаемого уступа.

Действительно, рассчитанные по формулам (4) и (5) величины $\Delta S_{\text{в}}$ и $\Delta S_{\text{р}}$ соответственно составляют 60 и 100 м^2 , то есть средний коэффициент вскрыши в прирезаемых запасах равен $0,6\text{ м}^3/\text{м}^3$ (на предельном контуре $K_{\text{гр}} = \Delta K_{\text{в}} = 3\text{ м}^3/\text{м}^3$).

Среднее же содержание в дополнительно извлекаемых запасах составляет 17,25% (на предельном контуре—16,5%).

Представляет также интерес рассмотрение целесообразности погашения уступов двумя подступами высотой $H_y/2$ (рис. 2). При этом дополнительно извлекается руда в параллелограмме РВМК:

$$S_{\text{РВМК}} = 0,25H_y^2(\operatorname{ctg}\alpha - \operatorname{ctg}\beta), \quad (11)$$

а также на каждом подступе, с учетом продвижения на величину (по формуле вида 5).

Предлагаемый метод определения положения погашаемых уступов, как было отмечено выше, может с успехом использоваться при проектировании карьеров. На стадии эксплуатации месторождений, очевидно, можно уже использовать данные опробования буровых скважин, что позволит внести необходимые коррективы в расчет величины l .

Для месторождений с четкими геологическими границами расчет искомого значения l значительно упрощается. В этом случае при определении $K_{\text{гр}}$ в формулу (1) достаточно подставить среднее содержание полезного компонента в руде по месторождению или уступу, а величину l определить непосредственно по формуле (7). Следует также отметить, что отбитые у подошвы уступа вскрышные породы можно складировать на погашаемых бермах, что позволит сократить затраты на их перевозку в отвалы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агабян Ю. А. Обоснование лимитов содержаний и некоторые вопросы разработки месторождений. Ереван: Изд. «Айастан», 1975.
2. Агабян Ю. А. Принципы промышленной оценки рудных месторождений. Ереван; Изд. «АрмНИИНТИ», 1970.
3. Агабян Ю. А. Фактор времени и определение оптимальных параметров месторождений и рудников. Ереван: Изд. «Айастан», 1990.
4. Агабян Ю. А., Агабян А. Ю. Определение предельной глубины нагорно-глубинных карьеров. М., «Горный журнал», 1992, № 2.

ՅՈՒ. Ա. ԱԳԱԲԱԼՅԱՆ, Ֆ. Ս. ԼԱԶԱՐՅԱՆ, Ա. Թ. ԲԱԳԴԱՍԱՐՅԱՆ

ԵԶՐԱԳԾԱՅԻՆ ՊԱՐՈՒՆԱԿՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ՄԱՐՎՈՂ ՀԱՆՔԱՍՏԻՃԱՆՆԵՐԻ ՍԱՀՄԱՆԱՅԻՆ ԴԻՐՔԻ ՀԻՄՆԱՎՈՐՄԱՆ ՄԱՍԻՆ՝ ՀԱՆՔԱՄԱՐՄԵՆԻ ԹԵՔ ԵՎ ՍԱԿԱՎԱԹԵՔ ՏԵՂԱԴՐՄԱՆ ԴԵՊՔՈՒՄ

Ա մ փ ո փ ու մ

Հողվածում դիտարկվում են թեք և սակավաթեք տեղադրված հանքամարմինների բաց եղանակով մշակման դեպքում եզրագծային պարունակության հիմնավորման և մարվող հանքաստիճանների սահմանային դիրքի որոշման հարցերը: Ցույց է տրված, որ եզրագծային պարունակության մեծությունը, այս պայմաններում, հանքամարմնի կախված և պառկած կողերի կողմից տարբեր է:

Մշակված է մեթոդիկա և տրված են հաշվարկային բանաձևեր՝ հանքամարմնի պառկած կողում մարվող հանքաստիճանների սահմանային դիրքերի որոշման համար, հաշվի առնելով օգտակար բաղադրիչների եզրագծային և միջին պարունակությունները, ինչպես նաև մակաբացման սահմանային գործակիցը: Առաջարկված մեթոդիկան կարող է կիրառվել հանքավայրերի արդյունաբերական գնահատման, բացահանքերի նախագծման և շահագործման փուլերում:

Yu. A. AGABALIAN, F. S. LAZARIAN, A. T. BAGDASARIAN

ON JUSTIFICATION OF CUT-OFF AND TRESHOLD LOCATION OF EXTINGUISHED STEPS OF SLOPPY AND STEEPLY DEPOSITED ORE BODIES

Abstract

The issues of outlining of the balance reserves in opencast mining of ore deposits and optimum location of extinguished steps in a downthrow side of steeply and sloppy deposited mineral bodies are considered.

The technique and calculation formulae for justification of these parameters, which are very important for designing and exploitation, are given.