Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. LXVII, вып. 1, 1975 г.

ОСОБЕННОСТИ МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТЕРЬ С УЧЕТОМ ПЕРЕПУСКА НЕКОНДИЦИОННЫХ РУД ПРИ СИСТЕМЕ ЭТАЖНОГО ПРИНУДИТЕЛЬНОГО ОБРУШЕНИЯ

Доктор техн. наук *И. Н. Ушаков*,
канд. техн. наук *С. П. Павлов*, *В. С. Кожин*
(Ленинградский горный ин-т)

На рудниках комбината «Апатит», применяющих систему этажного принудительного обрушения, в блоках, отрабатываемых под погашенными ранее горизонтами, определение потерь руды усложняется вследствие перепуска в них отбитых некондиционных руд и потерь с верхних блоков.

Методика, позволяющая с удовлетворительной точностью учесть количество руды, перепущенной с верхних горизонтов, в настоящее время отсутствует. Это приводит к значительному искажению в определении действительной величины потерь, исключает возможность использования единственно возможного для системы этажного обрушения косвенного метода определения потерь, так как количество добытой руды в блоке часто превышает его балансовые запасы. К примеру, на Кировском руднике на горизонтах 419 и 392 *м* 15 блоков (около 40 %) имеют «переизвлечение» относительно балансовых запасов блоков в среднем в 1,11 раза (см. таблицу). Ввиду невозможности использования косвенного метода, потери определялись прямым подсчетом их только на безвороночных площадках (в гребнях). В результате средняя величина потерь по таким блокам составила всего 3,3%, что явно занижено для системы разработки с обрушением. Основная причина — отсутствие учета выпуска некондиционной руды через нижние блоки и потерь с верхних погашенных горизонтов.

Отчетные данные по извлечению руды в блоках Кировского рудника комбината «Апатит»

Номер блока	Балансовый запас *Б*, тыс. *т*	Добыча *Д* (с балансовым содержанием), тыс. *т*	$\frac{Д}{Б}$	Потери (отчетные), %
Горизонт 392 *м*				
10—11	1229,2	1747,3	1,42	1,7
9—10	1671,5	1846,2	1,10	1,4
11—13	1599,4	1963,0	1,23	1,6
14—15	2174,4	2487,6	1,15	1,5
15—16	2186,4	2495,8	1,14	3,61
16—17	2287,6	2599,8	1,13	5,2
2—3	1210,0	1238,2	1,02	3,0
3—4	1261,7	1284,5	1,02	2,8

Продолжение таблицы

Номер блока	Балансовый запас *Б*, тыс. *т*	Добыча *Д* (с балансовым содержанием), тыс. *т*	$\frac{Д}{Б}$	Потери (отчетные), %
		Горизонт 419 *м*		
12—13	918,5	942,3	1,02	1,5
13—14	800,0	827,0	1,03	2,5
14—15	1510,0	1528,1	1,01	5,0
15—16	1732,5	1982,0	1,14	4,8
16—17	1693,2	1697,8	1,00	3,0
17—18	3112,5	3237,6	1,04	7,0
18—19	468,5	559,8	1,19	4,4
	Среднее		1,11	3,3

Ниже на примере рудников комбината «Апатит» рассматриваются основные пути учета перепуска руды с верхних горизонтов. Потери отбитой руды, оставленной на днище блока, в том случае, если впоследствии они будут подрабатываться, следует считать условными. Как показала практика рудников комбината «Апатит», только часть их теряется безвозвратно и составляет действительную величину потерь. Остальные перепускаются на нижние горизонты и извлекаются.

Таким образом, размеры действительных потерь отбитой руды в блоке определяются степенью его подработки нижними горизонтами. Последняя зависит от угла падения и мощности рудного тела.

С уменьшением угла падения рудного тела и его мощности увеличиваются действительные потери отбитой руды вышележащего блока. Как следует из рис. 1, извлекаемая часть потерь отбитой руды верхнего блока вкрест простирания рудного тела определяется из выражения

$$l_{пад} = m - H(\operatorname{ctg}\alpha - \operatorname{ctg}\beta),$$

где m — длина нижнего блока вкрест простирания на уровне горизонта подсечки, *м*; H — высота нижнего блока от верхней до нижней подсечки, *м*; α — уголь падения пласта, град; β — угол отбойки со стороны лежачего блока, град.

Коэффициент извлечения потерь, равный отношению $l_{пад}/m$,

$$N_{пад} = 1 - \frac{H}{m}(\operatorname{ctg}\alpha - \operatorname{ctg}\beta). \qquad (1)$$

В соответствии с выражением (1) построен график зависимости коэффициента извлечения потерь отбитой руды верхних горизонтов $N_{пад}$ (рис. 2) при значениях $H=70$ *м* и $\beta=70°$, характерных для рудников комбината «Апатит».

Полная подработка верхнего блока нижним соответствует условию $N_{пад}=1$, что возможно при $\alpha \geqslant \beta$.

По простиранию рудного тела длина подработки $l_{пр}$ нижним блоком потерь отбитой руды верхнего горизонта определяется границей горизонта подсечки нижнего блока и углом отбойки β и при последовательном порядке отработки блоков определяется из выражения

$$l_{пр} = L_{бл} + H\operatorname{ctg}\beta.$$

Для крайних блоков горизонта

$$N_{пр} = \frac{l_{пр}}{L_{бл}} = 1 + \frac{H}{L_{бл}}\operatorname{ctg}\beta,$$

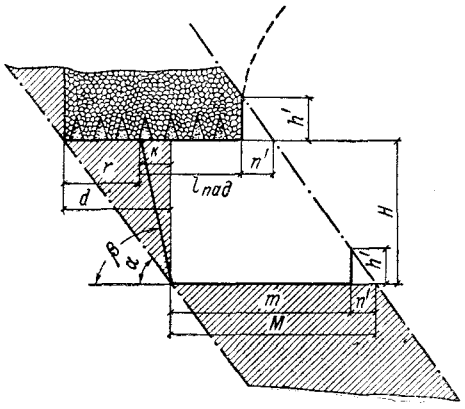


Рис. 1. Схема для расчета коэффициента извлечения потерь с верхних блоков

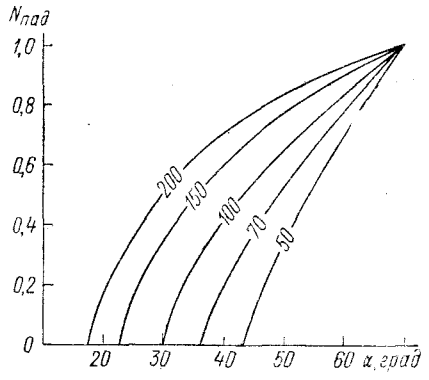


Рис. 2. Зависимость коэффициента извлечения потерь отбитой руды подрабатываемого блока от размеров блока вкрест простирания $N_{пад}$ и угла падения рудного тела $\alpha_{град}$ (200 — длина блока вкрест простирания)

для средних блоков

$$N_{пр} = 1,$$

где $L_{бл}$ — длина нижнего блока по простиранию на горизонте подсечки, *м*.

Суммарный коэффициент извлечения потерь верхнего блока

$$N = N_{пад} N_{пр}. \qquad (2)$$

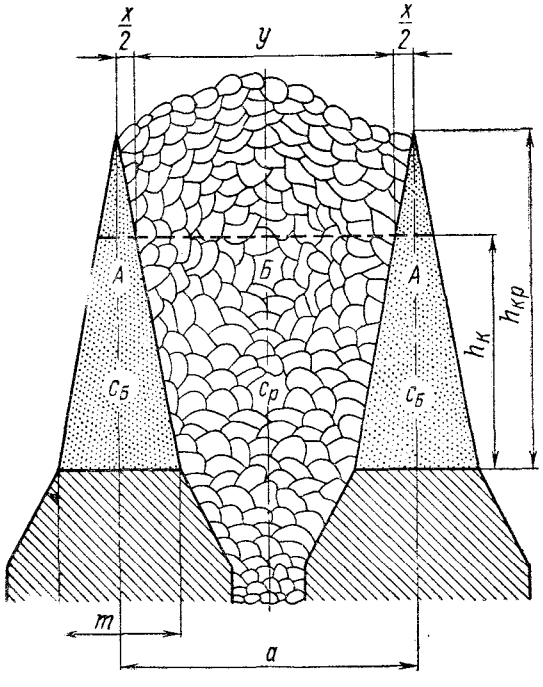


Рис. 3. Схема для расчета кондиционной части потерь отбитой руды

Потери отбитой руды на днище блока делятся на два основных вида (рис. 3): 1) потери отбитой руды на безвороночных площадках (в гребнях), содержание P_2O_5 в которых должно оставаться неизменным и соответствовать массиву (участок *А*); 2) потери отбитой руды, разубоженной налегающими породами и расположенной между гребнями и выше их (участок *Б*).

Перепуск ранее потерянной отбитой руды с верхних горизонтов целесообразно разделить на две части: 1) перепуск руды, являющейся кондиционной. Она должна включаться в балансовый запас руды нижнего блока и исключаться из потерь верхнего блока; 2) перепуск части потерь отбитой руды, которая является некондицион-

ной и должна рассматриваться как разубоживающая руду порода с определенным содержанием в ней полезного компонента.

Количество кондиционных потерь отбитой руды верхнего блока можно определить, исходя из следующих условий (рис. 3):

$$ac_{бр} = yc_р + xc_Б, \tag{3}$$

где a — среднее расстояние между выпускными отверстиями верхнего блока, *м*; $c_{бр}$ — бортовое содержание полезного компонента, принятое при подсчете балансовых запасов, %; $c_Б$ — содержание полезного компонента в гребнях отбитой руды, %; $c_р$ — содержание полезного компонента в разубоженной руде, находящейся между гребнями, %. Среднее содержание P_2O_5 в гребнях отбитой руды определяется по данным опробования горизонта подсечки и первого подэтажа. При отсутствии данных может быть использовано среднее содержание по блоку. Труднее определить содержание полезного компонента в разубоженной руде, находящейся между гребнями. На рудниках комбината производится контрольное опробование разубоженной руды в дучке на конец выпуска, но остается неизученным изменение содержания P_2O_5 по мере удаления вверх от выпускного отверстия. В первом приближении предлагается величину содержания полезного компонента в разубоженной руде между гребнями принять как среднее между содержанием в разубоженной руде, по данным опробования выпускных дучек на конец выпуска ($c_к$), и средним содержанием по блокам или руднику полезного компонента в налегающих, разубоживающих породах ($b_н$), т. е.

$$c_р = \frac{c_к + b_н}{2}.$$

Из выражения (3) следует

$$x = a\frac{c_{бр} - c_р}{c_Б - c_р}. \tag{4}$$

Высота кондиционной части потерь отбитой руды (рис. 3)

$$h_к = h_{гр}\left(1 - \frac{x}{m}\right),$$

где $h_{гр}$ — средняя для блока высота гребней отбитой руды, *м*.

С учетом выражения (4)

$$h_к = h_{гр}\left(1 - \frac{a}{m} \cdot \frac{c_{бр} - c_р}{c_Б - c_р}\right).$$

Обозначим $a/m = k$, где k — коэффициент, равный отношению площади подсечки блока к площади безвороночного пространства. Практически k удобно определять из выражения

$$k = \frac{S_{бл}}{S_{бв}} = \frac{S_{бл}}{S_{бл} - S_в},$$

где $S_{бл}$ — площадь подсечки верхнего блока, $м^2$; $S_в$ — площадь воронок верхнего блока, $м^2$; $S_{бв}$ — площадь безвороночного пространства блока, $м^2$. Тогда

$$h_к = h_{гр}\left(1 - k\frac{c_{бр} - c_р}{c_Б - c_р}\right).$$

Объем кондиционной части потерь отбитой руды, расположенных на днище верхнего отработанного блока $V_к$, составит

$$V_к = h_к S_{бл} = S_{бл} h_{гр} \left(1 - k \frac{c_{бр} - c_р}{c_Б - c_р}\right).$$

Так как объем потерь отбитой руды в гребнях на безвороночных площадках блока определяется по формуле

$$V_0 = \frac{1}{3} h_{гр} S_{бв},$$

то

$$\frac{V_0}{V_к} = \frac{S_{бв} h_{гр}}{3 S_{бл} h_{гр} \left(1 - k \frac{c_{бр} - c_р}{c_Б - c_р}\right)},$$

откуда

$$V_к = \frac{3 V_0 S_{бл} \left(1 - k \frac{c_{бр} - c_р}{c_Б - c_р}\right)}{S_{бв}}.$$

Обозначим

$$\frac{S_{бл}}{S_{бв}} = k, \quad 1 - k \frac{c_{бр} - c_р}{c_Б - c_р} = t.$$

Тогда

$$V_к = 3k\,t\,V_0,$$

или, в весовых единицах,

$$q_к = 3k\,t\,V_0\,\gamma_{отб}, \tag{5}$$

где $\gamma_{отб}$ — объемный вес отбитой руды в потерях, определяемый как среднее взвешенное,

$$\gamma_{отб} = \frac{\gamma_{гр} П_{гр} + \gamma_р П_р}{П_0}.$$

В этой формуле $\gamma_{гр}$ — объемный вес отбитой руды в гребнях, определяемый из выражения

$$\gamma_{гр} = \frac{\gamma_м}{k_{н.\,р}},$$

(здесь $\gamma_м$ — объемный вес руды в массиве, $т/м^3$; $k_{н.\,р}$ — коэффициент начального разрыхления); $П_{гр}$ — потери руды в гребнях, $т$; $\gamma_р$ — объемный вес отбитой, разубоженной руды между гребнями, $т/м^3$, определяемый из выражения $\gamma_р = \gamma_{гр}/\kappa_{в.\,р}$ (здесь $\kappa_{в.\,р}$ — коэффициент вторичного разрыхления); $П_р$ — потери разубоженной руды, $т$; $П_0$ — суммарные потери отбитой руды, $т$.

Среднее содержание P_2O_5 в кондиционной части потерь отбитой руды, расположенной на днище верхнего блока, равно

$$c_{кон} = \frac{c_{бр} + c_{подс}}{2}, \tag{6}$$

где $c_{бр}$ — бортовое содержание; $c_{подс}$ — средневзвешенное содержание P_2O_5 в отбитой руде на уровне подсечки,

$$c_{подс} = \frac{c_Б S_{бв} + c_к^в S_в}{S_{бл}},$$

здесь $c_к^в$ — содержание P_2O_5 в разубоженной руде в воронке верхнего блока, принимаемое по данным контрольного опробования на конец выпуска, %.

Кондиционная часть потерь отбитой руды верхнего блока, извлекаемая нижним блоком, исходя из уравнений (2) и (5), равна

$$q_к' = 3k\,t\,V_0\,\gamma_{отб}\,N.$$

Эта часть условных потерь должна включаться в балансовый запас нижнего блока с содержанием P_2O_5, определенным из выражения (6), и исключаться из потерь верхнего блока. Действительная величина потерь верхнего блока

$$П_в = П_у - q_к',$$

где $П_у$ — условная величина потерь отбитой руды, определяемая косвенным методом.

Учет перепуска некондиционных руд верхнего горизонта целесообразно производить с учетом содержания в них полезного компонента по известной формуле

$$П = \left[1 - \frac{Д(a-b)}{Б(c-b)}\right]100, \%. \qquad (7)$$

Блоки, обрабатываемые под обрушенными некондиционными рудами верхних горизонтов, имеют контакт и с налегающими породами висячего блока, поэтому величина b в формуле (7) должна определяться с учетом совместного влияния некондиционных руд верхних горизонтов и налегающих пород.

В этом случае b целесообразно определять по формуле

$$b = \frac{c_р' S_{п.в} + b_н S_н'}{S_{бл}},$$

где $c_р'$ — среднее содержание полезного компонента в некондиционных рудах, %; $S_{п.в}'$ — площадь подработки верхнего блока в проекции на горизонт подсечки нижнего блока, $м^2$; $b_н$ — содержание полезного компонента в налегающих породах, %; $S_н$ — площадь подработки висячего блока в проекции на горизонт подсечки нижнего блока, $м^2$.

Среднее содержание в некондиционных рудах с определенной долей приближения целесообразно определять как среднее между бортовым содержанием $c_{бр}$ и содержанием в дучках нижнего блока на конец выпуска

$$c_р' = \frac{c_{бр} + c_к^н}{2}.$$

Приведем пример расчета потерь отбитой руды, пользуясь указанной методикой, по блоку 3—4 гор. 392 *м*, которым подработан одноименный блок гор. 419 *м* Кировского рудника.

Данные по блоку 3—4 гор. 419 *м*: $S_{бл} = 10\,900\ м^2$; $S_в = 5400\ м^2$; $c_к^в = 8{,}80\%$; $b_н^в = 8{,}1\%$; $V_0 = 30{,}25\ т \cdot м^2$; $\gamma_{отб} = 2{,}5\ т/м^3$, $c_Б = 22{,}80\%$; $N = 1{,}0$; $c_{подс} = 15{,}80\%$; $c_{бр} = 12\%$.

Данные по блоку 3—4 гор. 392 *м*: $Д = 1487{,}8$ тыс. *т*; $c_Б = 26{,}15\%$; $a = 22{,}58\%$; $Б = 1261{,}7$ тыс. *т*.

Величины k и t для блока 3—4 гор. 419 *м*

$$k = \frac{S_{бл}}{S_{бл} - S_в} = 1{,}98;$$

$$t = 1 - 1{,}98\,\frac{12{,}00 - 8{,}45}{22{,}80 - 8{,}45} = 0{,}56.$$

Извлекаемые потери блока 3—4 гор. 419 *м*

$$q'_к = 3 \cdot 1{,}98 \cdot 0{,}56 \cdot 30{,}25 \cdot 2{,}5 = 254{,}1 \text{ тыс. } т;$$

$$c'_Б = \frac{c_{бр} + c_{полс}}{2} = 13{,}90\%.$$

Балансовые запасы блока 3—4 гор. 392 *м* с учетом перепуска составляют

$$Б_н = Б + q'_Б\,\frac{c'_Б}{c_Б} = 1261{,}7 + 254{,}1\,\frac{13{,}90}{26{,}15} = 1396{,}4 \text{ тыс. } т,$$

а потери

$$П = \left[1 - \frac{1487{,}8\,(22{,}58 - 9{,}65)}{1396{,}4\,(26{,}15 - 9{,}65)}\right] \cdot 100 = 16{,}5\%.$$

Таким образом, потери по блоку составили 16,5%, в то время как по отчетным данным 2,8% (см. выше).

Следовательно, изложенная методика позволяет удовлетворительно решить вопрос учета перепуска руды с верхних горизонтов, обеспечивая получение действительных показателей извлечения руды.