

УДК 622.271.3:553.042

П.И. Копач *, *Н.И. Просандеев* *,
В.Н. Романенко *, *И.В. Ботанцев* **,
Е.С. Василенко **

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ БАЗОВЫХ ПОТЕРЬ
И ЗАСОРЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ
ИСКОПАЕМЫХ ПРИ ОТРАБОТКЕ
НАРУШЕННЫХ МАССИВОВ
ГОРНЫХ ПОРОД**

* *Институт проблем природопользования и экологии НАН Украины,
Днепропетровск;* ** *«Северный» ГОК «Укрмеханобр» ОАО «Мариупольский
металлургический комбинат им. Ильича», Кривой Рог, Украина*

Залежно від умов контакту укусу екскаваторного вибою з покладом корисної копалини, потужності покладу, висоти уступу та напрямку відпрацьовування розроблена методика визначення величини втрат і засмічення корисних копалин при відпрацьовуванні порушених масивів гірських порід здійсненням підземної виїмки багатих руд.

В зависимости от условий контакта откоса экскаваторного забоя с залежью полезного ископаемого, мощности залежи, высоты уступа и направления отработки разработана методика определения величины потерь и засорения полезных ископаемых при отработке нарушенных массивов горных пород производством подземной выемки богатых руд.

Карьер «Северный» ГОКа «Укрмеханобр» ОАО «Мариупольский металлургический комбинат им. Ильича» ведет повторную отработку потерянных богатых железных руд, добыча которых проводилась подземным способом шахтами бывшего рудоуправления им. Дзержинского. Горная масса извлекается экскаваторами ЭКГ-5А уступами высотой 10 м с транспортированием пород автосамосвалами БелАЗ-7548 и БелАЗ-7547 грузоподъемностью 42-45 т.

Углы откосов рабочих уступов составляют: по наносам – 50-65° и коренным породам – 80°. Разрабатываемые горные породы представляют собой смешанную массу ранее нормативно и ненормативно потерянных при подземной добыче богатых руд с вмещающими и покрывающими породами. Это обусловило необходимость разработки методики, которая позволяла определять базовые значения потерь и засорения полученных ископаемых в сложившихся условиях с целью их более рационального использования. Решению указанных вопросов и посвящена данная работа.

При разработке нарушенного массива горных пород могут быть следующие случаи контакта экскаваторного забоя с залежью полезного ископаемого:

1) падение откоса экскаваторного забоя несогласное с падением залежи (рисунок 1а);

2) падение откоса экскаваторного забоя согласное с падением залежи $\beta_l, \beta_e < \alpha_y$ (рисунок 1б);

3) комбинированное падение откоса экскаваторного забоя и залежи – согласное висячем боку залежи и несогласное в лежащем боку (или наоборот) (рисунок 1в).

При несогласном падении и направлении отработки со стороны лежащего бока залежи к висячему площадь засорения руд пустыми породами лежащего бока составляет (рисунок 1а):

$$S_{з.л} = 0,5h_y^2 K_l^2 (ctg \alpha_y + ctg \beta_l), \text{ м}^2, \quad (1)$$

где h_y – высота отрабатываемого уступа, м;

$K_l = \frac{h_l}{h_y}$ – соотношение высоты пересечения

экскаваторного откоса с лежащим боком залежи, $K_l = 0,1-0,9$; при $K_l = 0,5$ потери и засорение имеют равные значения; α_y – угол откоса экскаваторного забоя, град, $\alpha_y = 80^\circ$; β_l, β_e – углы залегания лежащего и висячего боков залежи, град.; $\beta_e, \beta_l = 30-70^\circ$.

Площадь потерь руд для лежащего бока залежи равна:

$$S_{н.л} = 0,5h_y^2 (1 - K_l)^2 (ctg \alpha_y + ctg \beta_l), \text{ м}^2. \quad (2)$$

Для всякого бока залежи и несогласном падении на выходе из него величина потерь полезного ископаемого определяется по формуле (1), а засорения по формуле (2) с под-

ставкой соответствующих значений K_6 и β_6 . Результаты расчетов по формулам 1 и 2 представлены в таблицах 1 и 2.

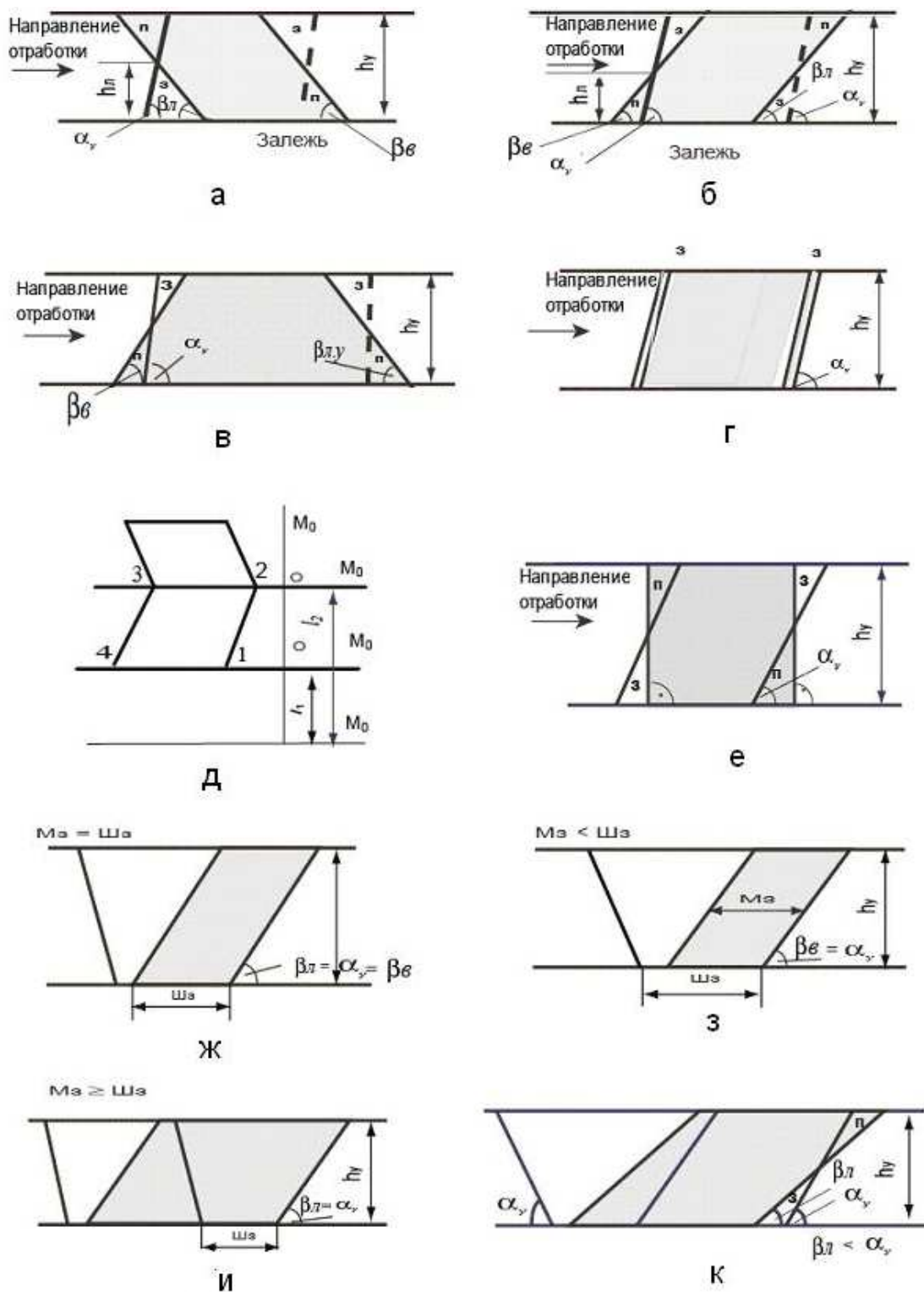


Рисунок 1 – Схемы к определению потерь и засорения полезного ископаемого при его отработке экскаваторным забоем: П – потери; З – засорение

Таблица 1 – Удельные объемы потерь (V_{yn}) для лежачего бока залежи и удельные объемы засорения (V_{yz}) висячего бока при несогласном падении откосов
(числитель при $h_y = 10$ м, знаменатель - $h_y = 5$ м)

Значения показателя K_d	Удельные объемы, приходящиеся на 1 м длины контакта пород, м ³				
	Угол падения лежачего (висячего) бока залежи, град.				
	30	40	50	60	70
0,1	77,274/19,32	55,404/13,85	41,108/10,28	30,497/7,62	21,87/5,47
0,2	61,056/15,39	43,776/10,94	32,48/8,12	24,096/6,02	17,28/4,32
0,3	46,746/11,68	33,516/8,38	24,868/6,22	18,449/4,61	13,23/3,31
0,4	34,344/8,59	24,624/6,16	18,27/4,57	13,554/3,39	9,72/2,43
0,5	23,85/5,96	17,1/4,27	12,688/3,17	9,413/2,35	6,75/1,69
0,6	15,264/3,82	10,944/2,74	8,12/2,03	6,024/1,51	4,32/1,08
0,7	8,586/2,15	6,156/1,54	4,567/1,14	3,389/0,85	2,43/0,61
0,8	3,816/0,95	2,736/0,68	2,03/0,51	1,506/0,38	1,08/0,27
0,9	0,954/0,24	0,684/0,171	0,507/0,13	0,376/0,09	0,27/0,07

Таблица 2 – Удельные объемы засорения (V_{yz}) для лежачего бока залежи и удельные объемы потерь (V_{yn}) висячего бока при несогласном падении откосов
(числитель при $h_y = 10$ м, знаменатель - $h_y = 5$ м)

Значения показателя K_d	Удельные объемы, приходящиеся на 1 м длины контакта пород, м ³				
	Угол падения лежачего (висячего) бока залежи, град.				
	30	40	50	60	70
0,1	0,954/0,24	0,684/0,71	0,507/0,23	0,376/0,09	0,27/0,07
0,2	3,816/0,95	2,736/0,68	2,03/0,51	1,506/0,38	1,08/0,27
0,3	8,586/2,15	6,156/1,54	4,567/1,14	3,389/0,85	2,43/0,61
0,4	15,264/3,82	10,944/2,74	8,12/2,03	6,024/1,51	4,32/1,08
0,5	23,85/5,96	17,1/4,27	12,688/3,17	9,413/2,35	6,75/1,69
0,6	34,344/8,59	24,624/6,16	18,27/4,57	13,554/3,39	9,72/2,43
0,7	46,746/11,68	33,516/8,38	24,868/6,22	18,449/4,61	13,23/3,31
0,8	61,056/15,39	43,776/10,84	32,48/8,12	24,096/6,02	17,28/4,32
0,9	77,274/19,32	55,404/13,85	41,108/10,28	30,497/7,61	21,87/5,47

Для несогласного падения на выходе потери лежачего бока равны засорению висячего бока залежи, а засорение лежачего бока равно потерям висячего бока залежи на выходе из нее.

Поскольку в процессе обработки залежи высота контакта откоса уступа с лежачим боком залежи изменяется от h_y до 0 (значение

$K_d = 0,1-0,9$ по таблицам 1 и 2), соответственно этому колеблются от максимума до минимума как удельные объемы потерь, так и засорения, поэтому в дальнейших расчетах принимаем их средние значения, т.е. для $K_d = 0,5 = K_e$. Хотя в зависимости от ценности полезного ископаемого и его содержания в приле-

гающих породах (зонах контакта) можно увеличивать засорение, уменьшая потери или же наоборот – увеличивая потери уменьшением засорения.

При согласном падении откосов залежи и экскаваторного забоя $\beta_n, \beta_e < \alpha_y$ (рисунок 1б) и направлении отработки руд от висячего бока к лежачему величина площади потерь для висячего бока залежи вычисляется по выражению:

$$S_n = 0,5h_y^2 K_e^2 (ctg\beta_e - ctg\alpha_y), \text{ м}^2. \quad (3)$$

В свою очередь засорение равно:

$$S_e = 0,5h_y^2 (1 - K_e)^2 (ctg\beta_e - ctg\alpha_y), \text{ м}^2. \quad (4)$$

Для лежачего бока залежи на выходе из него во время отработки величина потерь рас

считывается по формуле (4), а засорения – по формуле (3) с подставкой соответствующих значений h_n и β_n . Результаты расчетов по выражениям (3) и (4) представлены в таблицах 3 и 4.

При комбинированном падении откосов залежи и экскаваторного забоя (рисунок 1в) согласного для висячего бока и несогласного для условно лежачего бока залежи $\beta_{л.у}$ получаем, что для висячего бока площади потерь и засорения определяются соответственно по формулам (3) и (4). Для несогласного условно лежачего бока залежи ($\beta_{л.у}$, рисунок 1в) площадь потерь устанавливается по формуле (1), а засорения по формуле (2).

Таблица 3 – Удельные объемы засорения ($V_{зз}$) висячего бока залежи и удельные объемы потерь ($V_{ун}$) лежачего бока при согласном падении откосов (числитель при $h_y = 10$ м, знаменатель - $h_y = 5$ м)

Значения показателя K_B	Удельные объемы, приходящиеся на 1 м длины контакта пород, м ³				
	Угол падения висячего (лежачего) бока залежи, град.				
	30	40	50	60	70
0,1	63,018/15,75	41,148/10,29	26,852/6,71	16,241/4,06	7,614/1,90
0,2	49,792/12,45	32,512/8,23	21,216/5,30	12,832/3,21	6,016/1,50
0,3	38,122/9,53	24,892/6,22	16,244/4,06	9,832/2,46	4,606/1,15
0,4	28,008/7,0	18,288/4,57	11,934/2,98	7,218/1,80	3,384/0,85
0,5	19,45/4,86	12,7/3,17	8,288/2,07	5,013/1,25	2,35/0,59
0,6	12,448/3,11	8,128/2,03	5,304/1,33	3,208/0,80	1,504/0,38
0,7	7,002/1,75	4,572/1,14	2,984/0,75	1,805/0,45	0,846/0,21
0,8	3,112/0,78	2,032/0,51	1,326/0,33	0,802/0,20	0,376/0,09
0,9	0,778/0,19	0,508/0,13	0,332/0,08	0,201/0,05	0,094/0,02

Когда отработка заходки производится по простиранию залежи, площади потерь и засорения в лежачем боку залежи при $\beta_n < \alpha_y$ (рисунок 1б) определяются, соответственно, по формулам (4, 3), а для висячего бока залежи – соответственно по формулам (3, 4).

Когда угол согласного падения откоса забоя равен углу падения лежачего и висячего боков залежи при направлении отработки от висячего бока к лежачему ($\beta_n = \beta_e = \alpha_y$) (рисунок 1г) потерь нет, а есть только засорение на входе и выходе из залежи:

$$S_z = 0,6\sqrt[3]{E} \cdot h_y, \text{ м}^2. \quad (5)$$

где E – емкость ковша, применяемого для разработки экскаватора, м³. Для $E = 5$ м³, $h_y = 10$ м, $S_z = 10,26$ м². Когда $h_y = 5$ м, $S_z = 5,13$ м².

Если $\alpha_y < \beta_e$ при согласном падении и направлении отработки от висячего бока к лежачему (рисунок 1е), для висячего бока залежи площадь потерь равна:

$$S_n = 0,5h_y^2 (1 - K_e)^2 (ctg\alpha_y - ctg\beta_e), \text{ м}^2, \quad (6)$$

а засорение в висячем боку равно:

$$S_z = 0,5h_y^2 K_e^2 (ctg \alpha_y - ctg \beta_e), \text{ м}^2. \quad (7)$$

Для тех же условий и лежачего бока залежи на выходе из нее имеем:

$$S_n = 0,5h_y^2 K_n^2 (ctg \alpha_y - ctg \beta_n), \text{ м}^2, \quad (8)$$

$$S_z = 0,5h_y^2 (1 - K_n)^2 (ctg \alpha_y - ctg \beta_n), \text{ м}^2. \quad (9)$$

Когда $\beta_e = \beta_n = 90^\circ$, $\alpha_y = 80^\circ$, $K_n = K_e = 0,1-0,9$ по выражениям (6) – (7) определяем удельные объемы потерь и засорения руд (таблица 5). На лежачем боку залежи потери и засорение меняются местами (формулы 9 и 10, данные таблицы 5).

Таблица 4 – Удельные объемы потерь (V_{yn}) висячего бока залежи и удельные объемы засорения (V_{yz}) лежачего бока при согласном падении откосов (числитель при $h_y = 10$ м, знаменатель - $h_y = 5$ м)

Значения показателя K_B	Удельные объемы, приходящиеся на 1 м длины контакта пород, м ³				
	Угол падения висячего (лежачего) бока залежи, град.				
	30	40	50	60	70
0,1	0,778/0,19	0,508/0,13	0,332/0,08	0,201/0,05	0,094/0,02
0,2	3,112/0,78	2,032/0,51	1,326/0,33	0,802/0,20	0,376/0,09
0,3	7,002/1,75	4,572/1,14	2,984/0,75	1,805/0,45	0,846/0,21
0,4	12,448/3,11	8,128/2,03	5,304/1,33	3,208/0,80	1,504/0,38
0,5	19,45/4,86	12,7/3,17	8,288/2,07	5,013/1,25	2,35/0,59
0,6	28,008/7,0	18,288/4,57	11,934/2,98	7,218/1,80	3,384/0,85
0,7	38,122/9,53	24,892/6,22	16,244/4,06	9,825/2,46	4,606/1,15
0,8	49,792/12,45	32,512/8,13	21,216/5,30	12,832/3,21	6,016/1,50
0,9	63,018/15,75	41,148/10,29	26,852/6,71	16,241/4,06	7,614/1,90

Таблица 5 – Удельные объемы потерь и засорения для $\alpha_y < \beta_n, \beta_e$ и висячего и лежачего боков залежи (числитель при $h_y = 10$ м, знаменатель - $h_y = 5$ м)

Удельные объемы на 1 м длины контакта пород	Соотношение высоты контакта экскаваторного откоса с боками залежи к высоте уступа								
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Потери	<u>7,128</u> 1,78	<u>5,632</u> 1,41	<u>4,312</u> 1,078	<u>3,168</u> 0,792	<u>2,2</u> 0,55	<u>1,408</u> 0,352	<u>0,792</u> 0,198	<u>0,352</u> 0,088	<u>0,088</u> 0,022
Засорение	<u>0,088</u> 0,022	<u>0,352</u> 0,088	<u>0,792</u> 0,198	<u>1,408</u> 0,352	<u>2,2</u> 0,55	<u>3,168</u> 0,792	<u>4,312</u> 1,078	<u>5,632</u> 1,408	<u>7,128</u> 1,782

Для имеющих погоризонтных планов залегания полезного ископаемого (планов ограничивающих объем полезного ископаемого между двумя соседними горизонтами) и характерных точек площади полезного ископаемого (рисунок 1д), на расстояниях ℓ_1 и ℓ_2 от горизонтальных маркшейдер-

ских осей для обоих планов горизонтально проводим линии, пересекающие висячий и лежачий бока залежи. Затем для данных линий и точек пересечения их с полезным ископаемым, измеряем расстояние до них от вертикальной маркшейдерской оси (расстояние 0-2, 0-3, 0-4, 0-1 и соответственно для нижележащего горизонта (0-2)¹, (0-3)¹,

(0-4)¹, (0-1)¹. По разности расстояний между точками одной линии на разных горизонтах (0-2) – (0-2)¹ получаем разность горизонтального заложения откоса. Такие же расчеты делаем для точек 1, 3, 4. Взяв среднюю величину заложения откоса для точек 1 и 2 в масштабе и разделив его на высоту уступа, получим среднюю величину *ctg* откоса линии 1-2. Аналогичным образом определяем угол откоса полезного ископаемого для линии 3-4, 2-3, 1-4.

Затем для значений протяженности линий 1-2 и 3-4 на соседних горизонтах устанавливаем среднюю величину протяженности откосов полезного ископаемого. Далее для заданного направления отработки, установленных углов откосов и падения залежи для соответствующих линий определяем величину площади потерь и засорения в откосах (формулы 1-9). Умножением площади соответствующих потерь и засорения на среднюю длину контакта с пустыми породами устанавливаем их объемы (см. таблицы 1-5).

Базовые потери и засорение руд определяем по формулам:

$$П = \frac{V_n}{V_{nu}} \cdot 100 = \frac{V_{yn} \cdot L_k}{M_3 \cdot h_y \cdot L_k} \cdot 100 = \frac{V_{y.n}}{M_3 h_y} \cdot 100, \% \quad (10)$$

Таблица 6 – Базовые потери в висячем и засорения в лежачем боках залежи (%) при ее отработке по простиранию (числитель при $h_y = 10$ м, знаменатель - $h_y = 5$ м), (рисунки 1г,е)

Условия залегания рудного тела	Горизонтальная мощность рудной залежи, м				
	3,0	10,0	16,0	22,0	40,0
$\alpha_y = \beta_n = \beta_e \approx 80^\circ$	34,2	10,26	6,41	4,66	2,56
$\alpha_y < \beta_n, \beta_e \approx 90^\circ$	7,3/3,65	2,2/1,1	1,4/0,7	1,0/0,5	0,55/0,275

Таблица 7 – Базовые потери и засорение руд (%) лежачего бока залежи при ее отработке по простиранию, согласно падению откосов и $\beta_n < \alpha_y, h_y = 10$ м (знаменатель $h_y = 5$ м) (рисунок 1б)

Угол падения лежачего бока залежи, град.	Горизонтальная мощность рудной залежи, м				
	3,0	10,0	16,0	22,0	40,0
30	64,8/31,4	19,4/9,7	12,1/6,05	8,8/4,4	4,9/2,45
40	42,3/21,1	12,7/6,3	7,9/3,96	5,8/2,9	3,2/1,6
50	27,6/13,3	8,3/4,2	5,2/2,6	3,8/1,9	2,1/1,05
60	16,7/8,35	5,1/2,55	3,1/1,55	2,3/1,15	1,2/0,6
70	7,8/3,9	2,3/1,15	1,5/0,75	1,1/0,55	0,6/0,3

$$З = \frac{V_z}{V_{nu}} \cdot 100 = \frac{V_{yz} \cdot L_k}{M_3 \cdot h_y \cdot L_k} \cdot 100 = \frac{V_{y.z}}{M_3 h_y} \cdot 100, \% \quad (11)$$

где V_n, V_z – соответственно объемы потерь и засорения полезного ископаемого в пределах рассматриваемого уступа, м³; L_k – длина контакта полезного ископаемого с пустыми породами со стороны висячего или лежачего бока залежи, м; $V_{nu} = M_3 \cdot h_y \cdot L_k$ – общий объем полезного ископаемого в пределах рассматриваемого уступа, м³; M_3 – горизонтальная мощность залежи, м; h_y – высота, обрабатываемого уступа, м; V_y – удельные объемы потерь и засорения, приходящиеся на 1 м длины контакта полезного ископаемого с породами (таблицы 1-5).

Результаты расчетов по формулам (10), (11) для различных условий залегания рудного тела приведены в таблицах 6-9.

Для обеспечения минимального засорения висячий бок залежи необходимо обрабатывать следующим образом: от нижней бровки контакта залежи с горизонтом по пустым породам по простиранию проходит заходка (рисунки 1ж-к); из созданного выработанного пространства производится зачистка контакта залежи с пустыми породами висячего бока.

При дальнейшей отработке данного бока происходит только засорение руд, которое определяем по формуле:

$$Z_g = \sqrt{(ctg^2 \beta_g + 1)} \cdot M_3^{-1} \cdot 100, \% \quad (12)$$

Результаты расчетов по формуле (12) приведены в таблице 8.

При уменьшении вдвое высоты уступа с 10 до 5 м базовые значения потерь и засорения также уменьшаются вдвое (таблицы 6-9).

Таблица 8 – Базовое засорение руд всячего бока залежи (%) при ее отработке по простиранию, согласном падении откосов и $\beta_g < \alpha_y, h_y = 10$ м (знаменатель $h_y = 5$ м)

Угол падения всячего бока залежи, град.	Горизонтальная мощность рудной залежи, м				
	3,0	10,0	16,0	22,0	40,0
30	66,7/33,35	20,07/10,03	12,5/6,25	9,1/4,55	5,0/2,5
40	51,7/25,8	15,5/7,75	9,7/4,85	7,1/3,55	3,9/1,95
50	43,3/21,65	13,0/6,5	8,1/4,05	5,9/2,95	3,2/1,6
60	38,5/19,25	11,5/5,75	7,2/3,6	5,2/2,6	2,9/1,45
70	35,5/17,75	10,6/5,3	6,6/3,3	4,8/2,4	2,7/1,35

Таблица 9 – Базовые потери и засорение руд (%) лежачего бока залежи при ее отработке по простиранию, несогласном падении откосов и $\beta_l, \beta_g < \alpha_y, h_y = 10$ м (знаменатель $h_y = 5$ м) (рисунок 1а)

Угол падения всячего (лежачего) боков рудного тела, град.	Горизонтальная мощность рудной залежи, м				
	3,0	10,0	16,0	22,0	40,0
30	79,5/39,75	23,8/11,9	14,9/7,45	10,8/5,4	6,0/3,0
40	57,0/28,5	17,1/8,55	10,7/5,35	7,8/3,9	4,3/2,15
50	42,3/21,15	12,7/6,35	7,9/3,95	5,7/2,85	3,2/1,6
60	31,4/15,7	9,4/4,7	5,9/2,95	4,3/2,15	2,3/1,15
70	22,5/11,25	6,7/3,35	4,2/2,1	3,1/1,55	1,7/0,85

Таблица 10 – Базовые потери и засорение руд (%) на входе (выходе) из залежи (ее торцах) при различном падении откосов, $h_y = 10$ м

Угол падения залежи, град.	Длина контакта руд с пустыми породами, L_k , м		
	50	100	150
Несогласное падение			
30	4,77	2,85	1,59
40	3,42	1,71	1,14
50	2,54	1,27	0,84
60	1,88	0,94	0,63
70	1,35	0,67	0,45
Согласное падение			
30	3,89	1,94	1,30
40	2,54	1,27	0,85
50	1,66	0,83	0,55
60	1,00	0,50	0,33
70	0,47	0,23	0,16
$\beta_g = \beta_l = 90^\circ, \beta_y = 80^\circ$	0,44	0,22	0,15

Для всякого бока залежи маємо тільки засорення, яке приймається по даним таблиці 8.

Базові втрати і засорення руд на вході і виході із залежи (її торцях) розраховуються по формулах:

$$P_m = \frac{V_{ny}}{h_y L_k} \cdot 100, \% \quad (13)$$

$$Z_m = \frac{V_{zy}}{h_y L_k} \cdot 100, \% \quad (14)$$

Результати розрахунків по вираженням (13, 14) приведені в таблиці 10.

При втратах і засоренні на вході і виході із залежи (в двох торцях) дані таблиці 10 удваиваються.

При комбінованому падінні откосів (рисунок 1в) базові втрати і засорення руд в лежачем і всячому боках рудного тіла встановлюються по даним таблиць 6-10.

Частина матеріалів розробленої методики по визначенню базового засорення цінних іскопаємих при обробці порушених масивів гірських порід узгоджена Криворізьким гірничо-промисловим територіальним управлінням Госгіпропромнадзора України і використовується на кар'єрі «Северний» ГОКа «Укрмеханобр» ОАО «Маріупольський металургічний комбінат ім. Ільича», як нормативний документ. Данна методика може бути рекомендована до застосування на кар'єрах з аналогічними умовами розробки.

P.I. Kopach *, *M.I. Prasadeev* *,
V.N. Romanenko *, *I.V. Botantsev* **,
E.S. Vasilenko **

**DETERMINATION OF BASE LOSSES
AND OBSTRUCTION OF MINERALS AT
WORKING OFF THE BROKEN ARRAYS
OF MOUNTAIN BREEDS**

* *Institute of problems on Nature Management & Ecology of National Academy of Sciences of Ukraine, Dnepropetrovsk;* ** *«North» mining works «Ukrmekhanobr» OAS the «Mariupol metallurgical combine the name of Illich», Ukraine*

Depending on the terms of contact of slope of power-shovel backwall with the bed of minerals, powers of bed, heights of ledge and direction of working off the method of determination of size of losses and obstruction of minerals is developed at working off the broken arrays of mountain breeds by the production of underground coulisse of rich ores.

*Надійшла до редколегії 16 липня 2009 р.
Рекомендовано членом редколегії канд.геол.-мін.наук Я.Я. Сердюком*