УДК 622.255. 622.8

РАЗУБОЖИВАНИЕ РУДЫ ПРИ ВНЕДРЕНИИ СИСТЕМЫ ПОДЭТАЖНОГО ОБРУШЕНИЯ С ТОРЦЕВЫМ ВЫПУСКОМ И ДОСТАВКОЙ САМОХОДНЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ НА УЧАСТКЕ «ПОДРУСЛОВЫЙ» ШЕРЕГЕШСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

DILUTION OF ORE WITH IMPLEMENTATION OF THE SYSTEM OF SUBLEVEL CAVING WITH END RELEASE AND DELIVERY OF MOBILE EQUIPMENT ON THE PLOT "PODRUSLOVYY" SHEREGESHSKOGO FIELD

Копытов Александр Иванович[1],
доктор техн. наук, профессор, e-mail L01BDV@yandex.ru
Kopitov Alexander I. [1],
Dr. Sc.in Engineering, Professor
Башков Владимир Иванович[2],
главный инженер
Bashkov Vladimir I.[2],
Chief Engineer

[1]Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28
[1]T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28 street Vesennyaya, Kemerovo, 650000, Russian Federation
[2]ОАО «Евразруда», 654079, Россия, г. Новокузнецк, пр. Курако, 43
[2]Evrazruda, 43 avenue Kurako, Novokuznetsk, 654079, Russian Federation

Аннотация: *Представлены расчеты разубоживания руды при опытно-промышленном испытании системы разработки с подэтажным обрушением, торцевым выпуском и доставкой самоходным оборудованием на участке «Подрусловый» Шерегешского месторождения ОАО «Евразруда».*

Abstract: *Calculations of dilution of ore with pilot tests of the system development with sublevel caving, mechanical release and delivery of mobile equipment at the site, "Podruslovyy" of "Evrazruda" Sheregeshskogo field.*

Ключевые слова: *Система разработки, подэтажное обрушение, торцевой выпуск, разубоживание, фигура выпуска, толщина отбиваемого слоя, эллиптическая кривая.*

Keywords: *development system, sublevel caving, end issue, dilution, release figure, slugger layer thickness, elliptic curve.*

В соответствии с «Инструкцией по безопасному ведению горных работ на рудных и нерудных месторождениях, объектах строительства подземных сооружений, склонных и опасных по горным ударам» (РД 06-329-99) комиссией по горным ударам ОАО «Евразруда» 05.04.2012 г. Шерегешского месторождения с гор. +255 м и ниже отнесено к опасным по горным ударам [1].

С целью повышения эффективности и безопасности горных работ в данных условиях на участке «Подрусловый» проводятся опытно-промышленные испытания системы подэтажного обрушения с торцевым выпуском руды и доставкой ее с применением высокопроизводительного самоходного оборудования [2].

Применение данной геотехнологии позволяет не только снизить наличие очагов возникновения концентрации напряжений в конструктивных элементах очистного блока за счет исключения большого количества нарезных выработок в днище, но и уменьшить разубоживание при выпуске руды под обрушенными породами.

По результатам моделирования выпуска руды (исследования Р. Квапилла и др.) и исследований проведённых на рудниках, установлено, что при высоте выемочных единиц до 20-25 метров при торцовом выпуске руды происходит практически «столбообразное» движение руды к выпускному отверстию. На начальном этапе выпускается чистая неразубоженная руда. Затем контакт руда-порода начинает прогибаться под углом откоса рудного гребня (θ) (изменяющегося в пределах 65-80 градусов в зависимости от крупности руды). В выпускаемую руду начинает проникать порода, находящаяся в торце и кровле заходки, после чего начинается выпуск разубоженной руды. В дальнейшем, до самого окончания выпуска отбитого слоя, происходит постепенное увеличение количе-

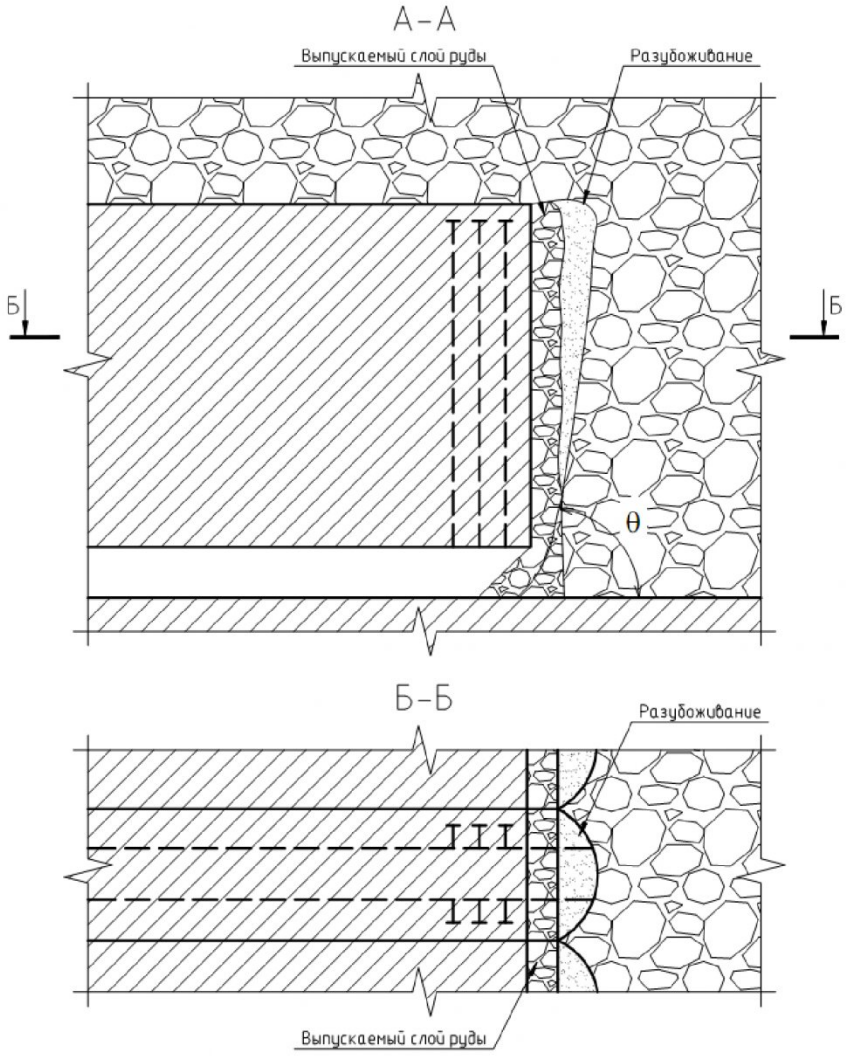

Рис. 1. Схема к определению разубоживания руды при торцовом выпуске под обрушенными налегающими породами

Fig. 1. Scheme to the definition of ore dilution in face caved release under lean rocks

ства породы, вовлекаемой в рудную массу. Происходит снижение качества руды. Выпуск слоя отбитой руды продолжается до достижения бортового содержания в выпускаемой рудной массе.

Фигура торцового разубоживания имеет довольно сложную форму и в общем виде может быть представлена эллипсоидом усечённым торцовой стенкой выпускаемого слоя руды. Её грань, расположенная на границе с выпускаемым слоем руды имеет плоскую форму, противоположная сторона фигуры разубоживающих пород имеет сферическую поверхность с незначительной кривизной (рис. 1).

Для упрощения расчётов по определению разубоживания руды с торцовой стороны отбитого слоя, и в то же время получения достаточно достоверных и точных результатов, все примешивающиеся при выпуске породы (рис. 1) можно представить как три геометрические фигуры (рис. 2) при этом:

– фигура 1 представляет собой клин с плоскими гранями, который расположен в створе с буродоставочной выработкой заходки;

– фигуры 2 и 3 одинаковы и представляют собой трехгранные пирамиды. Они расположены в краевых частях заходки.

Указанные на рис. 2 величины a_p, $в_p$ и h_p определяются по формулам

$$a_p = H_z - b_{sl} K_p \mathrm{tg}(\theta);$$

$$b_p = H_z \mathrm{tg}(90 - \theta) - b_{sl} K_p;$$

$$h_p = \frac{B_z - b_{bd}}{2},$$

где H_z - высота отрабатываемой заходки, м; B_z - ширина отрабатываемой заходки, м; K_p - коэффициент разрыхления (при отбойке в зажиме составляет 1,25-1,35); b_{sl} - толщина отбиваемого слоя руды, м; b_{bd} - ширина буро-доставочной выработки в заходке, м; θ - угол откоса рудных гребней, градусов.

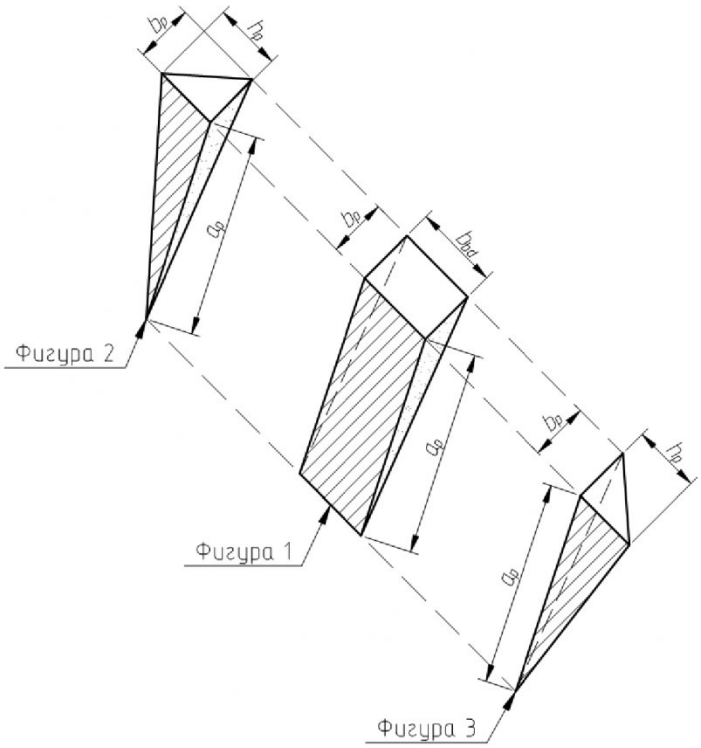

Рис. 2. Схема к расчёту количества разубоживающих пород при торцовом выпуске руды
Fig. 2. Scheme to the calculation of the number of species in face impoverishing issue ore

Площадь граней всех трёх заштрихованных фигур, определяется по формуле

$$S\Delta = 0{,}5 a_p b_p .$$

Объём фигуры 1 определяется из выражения

$$V_1 = S\Delta b_{bd} .$$

Объём фигур 2 и 3 определяется как объём треугольной пирамиды

$$V_2 = V_3 = \frac{S\Delta h_p}{3} .$$

Общий объём разубоживающих пород определяется суммированием объёмов трёх фигур определяется по формуле

$$V_{ð} = V_1 + V_2 + V_3 .$$

Разубоживание с торцовой стороны выпускаемого слоя определяется следующим образом

$$P_t = \frac{\dfrac{V_p}{K_p}}{H_z B_z b_{sl} - \dfrac{V_{bok}}{K_{ð}} - \dfrac{V_{front}}{K_{ð}}} 100 ,$$

где V_{bok} - объём руды теряемой в гребнях по бокам доставочной выработки, м^3.

$$V_{bok} = \frac{\left(\dfrac{(B_z - b_{bd})}{2}\right)^2 \mathrm{tg}(\theta)}{B_z H_z K_p} ,$$

где θ – угол откоса рудных гребней, (для мелкокусковой руды с выходом фракций свыше 250 мм до 10 % - 75-80°; для среднекусковой руды с выходом фракций свыше 250 мм от 10 до 30 % - 70-75°; для крупнокусковой руды с выходом фракций свыше 250 мм более 30 % - 65-70°.

Объём руды, теряемой с фронтальной стороны выработки доставки, подсчитывается по формуле

$$V_{front} = \frac{\left(b_{sl} K_p - h_{vn}\right) \mathrm{tg}(\theta)}{H_z B_z L_z} ,$$

где b_{sl} - толщина отбиваемого слоя руды, м; h_{vn} - глубина внедрения ковша машины в навал руды.

Помимо торцового разубоживания имеет место проникновение разубоживающих пород из кровельной части отрабатываемой заходки.

Увеличение данного вида разубоживания происходит не по прямой линии, а по эллиптической кривой (рис. 3), что дает основание для принятия на отрезке от U_0 до U = 1 коэффициента $\pi/4$ (0,786).

На основании зависимости (рис. 3) среднее содержание полезного компонента в добытой рудной массе составит

$$a = a_b + \left(C_{pr} - a_b\right) U_0 + \frac{\pi}{4}\left(1 - U_0\right)\left(C_{pr} - a_b\right),$$

где U_0 – процент выхода чистой неразубоженной руды (при торцовом выпуске может быть принят равным 30–50 %), %; a_b - браковочное содержание основного полезного компонента в руде, %; C_{pr} - приведенное содержание компонентов в руде, %.

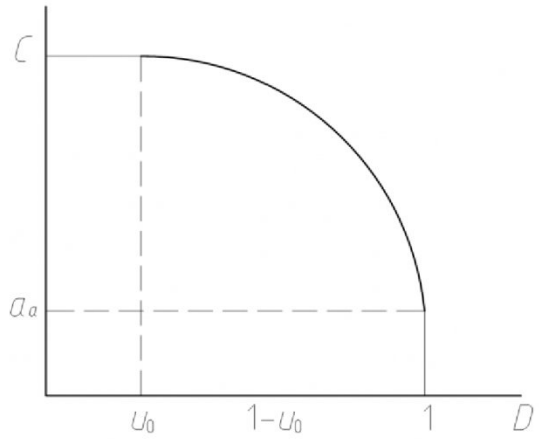

Рис.3. Изменение качества добытой руды по мере её выпуска под обрушенными породами
Fig. 3. Changing the quality of extracted ore as its release for caving

Разубоживание руды от поступления пород из кровельной части отбиваемого слоя при торцовом выпуске под обрушенными породами определяется с учетом разницы плотностей руды и вмещающих пород по формуле

$$P_k = \frac{(C_{pr} - a)}{C_{pr}} 100 \cdot$$

Общее разубоживание руды при торцовом выпуске под обрушенными породами определяется суммированием разубоживания с торцовой и кровельной сторон выпускаемого слоя

$$P_z = P_t + P_k .$$

При подсчете и утверждении запасов устанавливают максимальную мощность прослоев, включаемых в контур отрабатываемых запасов. При проектировании отработки заходок, в случае невозможности отработки запасов без включения прослоев пустых пород, графически определяются их геометрические размеры внутри проектируемой к отработке выемочной единицы.

При этом разубоживание рассчитывается по формуле

$$P_6 = \frac{m_{pr} b_{pr} h_{pr} \gamma_n}{H_k b_k L_k \gamma_p} 100 \cdot$$

где m_{pr} - средняя мощность прослоев пород, включаемых в отработку, м; b_{pr} - средняя ширина прослоев пород, включаемых в отработку, м; h_{pr} - средняя высота прослоев пород, включаемых в отработку, м; γ_n - средняя плотность пород, включаемых в отработку, т/м^3; γ_p - средняя плотность руды, т/м^3.

Для отдельных выемочных единиц (заходок) общее нормативное разубоживание руды при системе подэтажного обрушения с торцовым выпуском руды определяются суммированием всех видов нормативного разубоживания для данной системы разработки

$$\sum P = P_1 + ... + P_n .$$

Плановые значения разубоживания при отработке запасов опытного участка рассчитаны по программе, разработанной специалистами института «Уралмеханобр» для средних параметров заходки и составляют 23,1 %.

Приведенные расчеты показывают, что внедрение системы разработки подэтажного обрушения с торцевым выпуском и добавкой руды самоходным оборудованием позволяет повысить качество извлекаемой руды за счет снижения разубоживания по сравнению с применяемой системой этажного принудительного обрушения пучками глубоких скважин и вибровыпуском на 6-7 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Копытов, А. И. Выбор безопасной технологии разработки склонных и опасных по горным ударам железорудных месторождений ОАО «Евразруда» / А. И. Копытов, А. А. Еременко, И. Ф. Матвеев // Вестник Кузбасского государственного технического университета, – 2013. – №2. С.39-41.

2. Копытов, А. И. геомеханические основы для совершенствования геотехнологии разработки железорудных месторождений опасных по горным ударам / А. И. Копытов, А. А, Еременко // Вестник Кузбасского государственного технического университета, – 2014. – №4. – С. 32-37.

3. Проект технического перевооружения вскрытия и обработки участка «Подрусловый» в этаже +115 м. – +185 м Шерегешского месторождения / ОАО «УРАЛМЕХАНОБР» // Екатеринбург. – 2013. – 168 с.

REFERENCES

1. Kopytov, A. I. Vybor bezopasnoy tekhnologii razrabotki naklonnykh i opasnykh po gornym udaram zhelezorudnykh mestorozhdeniy OAO «Yevrazruda» / A. I. Kopytov, A. A. Yeremenko, I. F. Matveyev // Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta, – 2013. – №2 P. 39-41.

2. Kopytov, A. I. geomekhanicheskiye osnovy dlya sovershenstvovaniya geotekhnologii razrabotki zhelezorudnykh mestorozhdeniy opasnykh po gornym udaram / A. I. Kopytov, A. A, Yeremenko // Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta, – 2014. – №4. – P. 32-37.

3. Proyekt tekhnicheskogo perevooruzheniya vskrytiya i obrabotki uchastka «Podruslovyy» v etazhe +115 m. – +185 m Sheregeshskogo mestorozhdeniya/OAO «URALMEKHANOBR» // Yekaterinburg. –2013. –168 p.

Поступило в редакцию 25.02.2016
Received 25 February 2016