

NGHIÊN CỨU CÁC SƠ ĐỒ CÔNG NGHỆ PHÙ HỢP CHO VIỆC KHAİ THÁC VĨA 1 MỎ APATÍT LAO CAI

GS.TS. Trần Mạnh Xuân^(a), PGS.TS. Bùi Xuân Nam^(b), ThS. Lê Thị Thu Hoa^(b)

^(a) Hội Khoa học và Công nghệ mỏ Việt Nam

^(b) Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội, Việt Nam

Tóm tắt: Lào Cai là mỏ apatít lớn nhất của Việt Nam. Mỏ này cung cấp nguyên liệu chính cho việc sản xuất phân bón của đất nước. Tuy nhiên, đây là một mỏ có cấu tạo phức tạp và phân tán. Điều này ảnh hưởng đáng kể tới hệ số thu hồi và chất lượng quặng trong quá trình khai thác. Bài báo này trình bày công nghệ khai thác chọn phù hợp cho việc khai thác quặng loại I cho mỏ. Công nghệ khai thác này đã được áp dụng hiệu quả cho mỏ trong những năm gần đây.

Từ khóa: khai thác chọn lọc, sơ đồ công nghệ, quặng apatít.

1. Giới thiệu chung về mỏ apatít Lào Cai

Lào Cai là mỏ quặng apatít lớn nhất của Việt Nam. Mỏ này cung cấp nguyên liệu chính cho việc sản xuất phân bón của đất nước. Tuy nhiên, đây là một mỏ có cấu tạo phức tạp và phân tán. Mỏ có 38 công trường mỏ phân bố trên chiều dài hơn 40 km.

Dựa vào hàm lượng P_2O_5 , quặng apatít của mỏ được chia thành 4 loại: I, II, III và IV. Các quặng loại I và III phân bố ở trên và các quặng II và IV nằm ở dưới mức phong hóa hóa học. Trong quặng loại I, hàm lượng P_2O_5 chiếm 28÷39,7 % và khoảng 14÷18 % trong quặng loại III.

Các vỉa quặng loại I có các đặc tính sau: góc dốc 0÷90°, trung bình 40÷60°; chiều dày từ 3÷12 m, trung bình 2÷9 m; độ ẩm 11,3%; mật độ 2.44 t/m³; hệ số độ kiên cố (Phân loại của Prôtôđiacônôv) $f=2÷3$; hệ số nở rời 1.45.

Đặc điểm của các vỉa quặng loại III như sau: góc dốc trung bình 40÷50°, chiều dày 2÷60 m, trung bình 6÷34 m; độ ẩm 17,1÷17,7 %; mật độ 1.83÷1.89 t/m³; hệ số độ kiên cố (Phân loại của Prôtôđiacônôv) $f=3÷4$; hệ số nở rời 1.5.

Theo thiết kế của Liên Xô (cũ) năm 1981, sản lượng của mỏ như sau: quặng loại I là 800.000 t/n, quặng loại III là 3.400.000 t/n.

Máy khoan sử dụng trong mỏ là máy khoan đập-xoay CBY-100T để khoan đất đá cứng và máy khoan CBB-2M để khoan quặng loại I và III. Phương pháp nổ mìn sơ bộ và xúc bốc chọn lọc được sử dụng trong mỏ. Công tác xúc bốc được thực hiện bằng máy xúc tay gầu ЭКГ-4.6 và ЭКГ-5A. Các loại ô tô BeLIA3-540, KPA3-256 được sử dụng để vận tải trong mỏ và đầu tàu điêzen TY-7 dùng để vận tải ngoài mỏ. Chiều cao tầng dùng trong mỏ là 5 m trong trường hợp góc cắm của vỉa nhỏ hơn 50° và là 10 m khi lớn hơn 50°.

Các vỉa quặng loại I của mỏ apatít Lào Cai được chia thành 2 loại:

- Vỉa đơn giản: có cấu trúc đơn giản và đồng nhất.
- Vỉa phức tạp: có cấu trúc phức tạp và phân tán.

Việc khai thác các vỉa quặng phức tạp trong mỏ được thực hiện bằng máy xúc tay gầu. Tuy nhiên thiết bị này kém cơ động và có quỹ đạo xúc cứng, đã gây ra tổn thất quặng đáng kể trong quá trình khai thác. Theo số liệu thống kê của mỏ, tỷ lệ tổn thất nhỏ nhất là

13.01 % tại Đồi 2 (khu Cam Đường) và lớn nhất là 43.88 % tại khu Làng Cày I. Hệ số tổn thất trung bình hàng năm là 29.21 %, nhỏ nhất là 14.4% trong năm 1993 và lớn nhất là 41.44 % trong năm 1989. Chính vì vậy, việc nghiên cứu các sơ đồ công nghệ phù hợp cho việc khai thác chọn lọc tại vỉa 1 của mỏ apatit Lào Cai là một vấn đề khoa học có tính cấp thiết được nhiều viện nghiên cứu, trường đại học và các nhà khoa học mỏ ở Việt Nam quan tâm, nghiên cứu.

2. Nghiên cứu các sơ đồ công nghệ khai thác chọn lọc cho mỏ apatit Lào Cai

2.1. Những tính toán chung

Quặng loại I khai thác tại mỏ với hàm lượng P_2O_5 đạt 33 ± 1 % là hàng hóa không cần qua tuyển. Để đạt được hàm lượng P_2O_5 như trên, tỷ lệ làm bản cho phép (r_0) được kiểm soát trong quá trình khai thác như sau:

$$r_0 = \frac{\alpha - \alpha'_0}{\alpha - \alpha''} \cdot 100, \quad \% \quad (1)$$

Trong đó: α - hàm lượng P_2O_5 trong vỉa quặng loại I, %; α'' - hàm lượng P_2O_5 trong vỉa quặng loại III bị trộn lẫn với quặng loại I trong quá trình khai thác, %.

Khi áp dụng sơ đồ công nghệ khai thác chọn lọc có hệ số làm bản thực tế (r) bằng với hệ số làm bản cho phép (r_0), lúc đó sơ đồ trên sẽ được lựa chọn nếu biểu thức sau được thỏa mãn:

$$\left(\frac{1 - K_m}{1 - r_0} \right) \rightarrow \max \quad (2)$$

Trong đó: K_m - hệ số tổn thất của sơ đồ công nghệ khai thác được lựa chọn, %; r_0 - tỷ lệ làm bản cho phép của sơ đồ công nghệ khai thác lựa chọn, %.

Nếu một số sơ đồ công nghệ khai thác có hệ số K_m và r_0 như nhau, thì sơ đồ công nghệ khai thác hợp lý nhất là phương án có giá trị lợi nhuận (L) cao nhất và được đánh giá bởi biểu thức sau:

$$L = \frac{1 - K_{mi}}{1 - r_i} \cdot G_i - C_{ki} \rightarrow \max \quad (3)$$

Trong đó: K_{mi} và r_i - hệ số tổn thất và làm bản của phương án thứ i , %; G_{ki} - giá thành khai thác 1 tấn quặng theo phương án thứ i , VND/t; G_i - giá bán 1 tấn quặng theo phương án thứ i , VND/t:

$$G_i = G_0 + \delta(\alpha'_i - \alpha_0)G_0, \text{ VND/t} \quad (4)$$

Với G_0 - giá bán 1 tấn quặng có hàm lượng P_2O_5 là 33 %, VND/t; α'_0 - hàm lượng P_2O_5 thực tế trong quặng khai thác, %; α_0 - hàm lượng P_2O_5 trong quặng bằng 33 %, %; δ - hệ số tăng và giảm của giá bán 1 tấn quặng tương ứng với sự thay đổi của hàm lượng P_2O_5 trong quặng khai thác.

Đối với những vỉa đơn giản và phức tạp, hệ số tổn thất (K_m) và hệ số làm bản (r) được xác định theo các biểu thức sau:

$$K_m = \frac{(1+n)t}{m} \cdot 100, \quad \% \quad (5)$$

$$K_m = \frac{\lambda \cdot S_K}{S_q} \cdot 100, \quad \% \quad (6)$$

$$r = \frac{1}{1 + \frac{m - (1+n)t}{m_K K_1 + (1+n)bK_2}} \cdot 100, \quad \% \quad (7)$$

$$r = \frac{1}{1 + \frac{S_q - \lambda_q S_K}{\lambda_d S_K K_2}} \cdot 100, \quad \% \quad (8)$$

Trong đó: n - số lớp kẹp cần tách riêng; m_K - chiều dày các lớp kẹp, m ; m - chiều dày của vỉa quặng, m ; S_q và S_K - các khu vực quặng và mặt cắt địa chất của khu vực khai thác, $S_K = L_{KV} \cdot h$, m^2 ; L_{KV} - chiều rộng của khu vực trong mặt cắt địa chất, m^2 ; h - chiều cao tầng, m ; $K_1 = \gamma_K / \lambda_q$, $K_2 = \gamma_d / \gamma_q$; γ_K và γ_d - thể trọng của các lớp kẹp và của đất đá thải, t/m^3 ; γ_q - thể trọng quặng, t/m^3 ; λ (λ_q , λ_d) - hệ số ảnh hưởng bởi mức độ phức tạp và cấu trúc địa chất của vỉa, được xác định như sau:

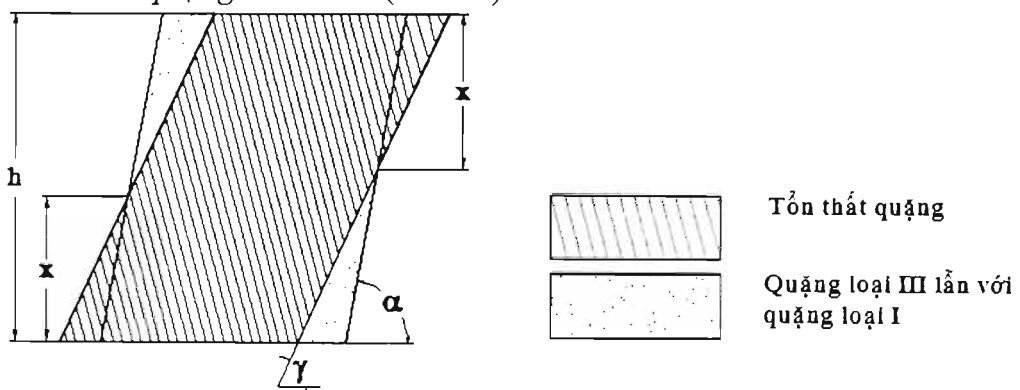
$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^P \omega_{q(d)} L_{Ki}}{\sum_{i=1}^P S_{Ki}} \quad (9)$$

Với L_{Ki} - tổng chiều dài tiếp xúc của vỉa quặng với đất đá trong giới hạn mặt cắt thứ i , m ; $\omega_{q(d)}$ - chiều dày lớp quặng bị lẫn vào đất đá (hoặc chiều dày của đất đá lẫn vào quặng) trong quá trình xúc, $\omega_q = \omega_d = 10 \div 20$ cm; S_{Ki} - diện tích vùng khai thác trong mặt cắt địa chất thứ i , m^2 ; P - số mặt cắt trong khu vực khai thác mỏ; t và b - chiều dày tổn thất và làm nghèo tương đương, m .

2.2. Lựa chọn các sơ đồ công nghệ khai thác chọn lọc

Các sơ đồ công nghệ khai thác chọn lọc sau có thể được áp dụng cho các vỉa quặng đơn giản:

a. Sơ đồ xúc lẫn quặng và đất đá (Hình 1):

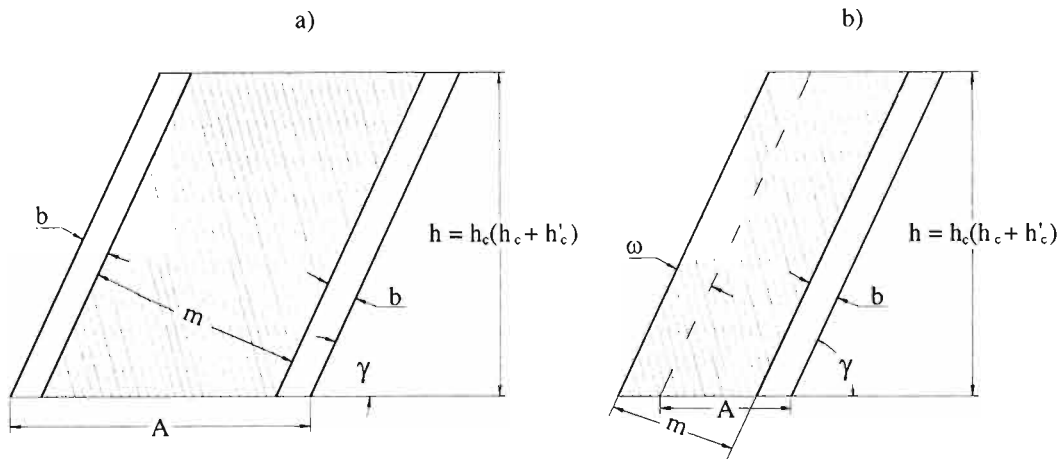


Hình 1- Sơ đồ công nghệ xúc lẫn quặng và đất đá

Trong sơ đồ này, máy xúc tay gầu ЭКГ-5A được dùng để xúc từ vách sang trụ via. Vì quỹ đạo xúc của máy xúc này không linh hoạt nên hình thành 2 tam giác tồn thất và 2 tam giác làm bản ở phía vách và trụ via. Khối lượng tồn thất và làm bản phụ thuộc chủ yếu vào giá trị x ($x = 0 \div h$ với h là chiều cao tầng).

Sơ đồ này áp dụng có hiệu quả đối với những via có góc cắm $\gamma \geq 40 \div 50^\circ$ và chiều dày lớn hơn $10 \div 12$ m.

b. Sơ đồ xúc song song với vách và trụ via (Hình 2):



Hình 2- Sơ đồ công nghệ xúc song song với vách và trụ via

Trong sơ đồ này, sử dụng máy xúc thủy lực gầu ngược hoặc kết hợp máy xúc thủy lực gầu ngược với máy xúc tay gầu để xúc chọn lọc các via quặng theo điều kiện sau:

$$h_c \geq h \text{ hoặc } h_c + h'_c \geq h \quad (10)$$

Trong đó h_c - chiều cao xúc chọn lọc của máy xúc thủy lực gầu ngược khi xúc dưới mức máy đứng, m ; h'_c - chiều cao xúc chọn lọc của máy xúc tay gầu khi xúc trên mức máy đứng, m .

Có 2 phương pháp xúc có thể áp dụng trong sơ đồ này như sau:

- + Phương pháp xúc không chịu tồn thất chỉ chịu làm bản (Hình 2a);
- + Phương pháp xúc chịu tồn thất ở vách via và làm bản ở trụ via (Hình 2b).

Khi sử dụng phương pháp xúc không chịu tồn thất, chiều dày cho phép của quặng loại III lẫn vào quặng loại I trong quá trình khai thác ở trụ via (a) được xác định như sau:

$$a = \frac{r_o m}{2(1 - r_o)} \frac{\gamma_{qI}}{\gamma_{qIII}}, \quad m \quad (11)$$

$$\text{Hoặc } a = \frac{\gamma_{qI} m (\alpha_I - \alpha')}{\gamma_{qIII} [2\alpha' - (\alpha_{IIIv} + \alpha_{IIIr})]}, \quad m \quad (11')$$

Trong đó: r_o - tỷ lệ làm bản cho phép, xác định theo biểu thức (1); m - chiều dày thực của via quặng, m ; γ_{qI} và γ_{qIII} - thể trọng của quặng loại I và loại III, t/m^3 ; α_I - hàm lượng

P_2O_5 trong quặng loại I, %; α' - hàm lượng P_2O_5 trong quặng hàng hóa ($33 \pm 1\%$), %; α_{IIIv} , α_{IIIr} - hàm lượng P_2O_5 trong quặng loại III ở vách và trụ via, %.

Giá trị của a phụ thuộc vào giá trị của r_0 và m . Với mỗi giá trị xác định của r_0 , a chỉ phụ thuộc vào m . Khi chiều dày thực của via quặng bằng với chiều dày xúc riêng cho phép của thiết bị xúc bốc sử dụng, thì chiều dày tối thiểu của via quặng cho phép xúc không chịu tổn thất với giá trị r_0 xác định, có thể xác định theo biểu thức sau:

$$m \geq \frac{2\omega(1-r_0)\gamma_{qIII}}{r_0\gamma_{qt}}, \quad m \quad (12)$$

$$\text{Hoặc} \quad m \geq \frac{\omega\gamma_{qIII}[2\alpha'-(\alpha_{IIIv} + \alpha_{IIIr})]}{\gamma_{qt}(\alpha_I - \alpha')}, \quad m \quad (12')$$

Trong đó: ω - chiều dày xúc riêng cho phép của thiết bị xúc bốc sử dụng, m ; r_0 - tỷ lệ làm bản cho phép; γ_{qt} và γ_{qIII} - thể trọng của quặng loại I và loại III, t/m^3 .

Trình tự thiết kế mỏ trong trường hợp này như sau: chiều dày tối thiểu của via quặng cho phép xúc không chịu tổn thất được xác định bằng biểu thức (12). Nếu chiều dày thực tế của via quặng $m' > m$, thì chiều dày cho phép (a) của via quặng loại III bị lấn vào loại I được xác định theo biểu thức (11).

Phương pháp xúc chịu tổn thất ở vách via và chịu làm bản ở trụ via (Hình 2b) được áp dụng có hiệu quả khi $m' < m$. Trong trường hợp này, chiều dày (a) của quặng loại III được phép lấn vào quặng loại I, tính theo công thức dưới đây:

$$a = \frac{r_0(m-\omega)\gamma_{qt}}{(1-r_0)\gamma_{qIII}}, \quad m \quad (13)$$

$$\text{Hoặc} \quad a = \frac{\gamma_{qt}(m-\omega)(\alpha_I - \alpha')}{\gamma_{qIII}(\alpha' - \alpha_{IIIr})}, \quad m \quad (13')$$

Trong đó: r_0 - tỷ lệ làm bản cho phép; m - chiều dày thực của via quặng, m ; ω - chiều dày xúc riêng cho phép của thiết bị xúc bốc sử dụng, m ; γ_{qt} và γ_{qIII} - thể trọng của quặng loại I và loại III, t/m^3 .

Khi chiều dày (a) của quặng loại III cho phép lấn vào quặng loại I bằng chiều dày xúc riêng cho phép (ω) của thiết bị xúc bốc sử dụng, thì có thể xác định được chiều dày tối thiểu của via quặng cho phép chịu tổn thất ở vách và làm bản ở trụ như sau:

$$m \geq \frac{\omega(1-r_0)\gamma_{qIII}}{r_0\gamma_{qt}} + \omega, \quad m \quad (14)$$

$$\text{Hoặc} \quad m \geq \frac{\omega(\alpha' - \alpha_{IIIr})\gamma_{qIII}}{(\alpha_I - \alpha')\gamma_{qt}} + \omega, \quad m \quad (14')$$

Trong đó: ω - chiều dày xúc riêng cho phép của thiết bị xúc bốc sử dụng, m ; r_0 - tỷ lệ làm bản cho phép; γ_{qt} và γ_{qIII} - thể trọng của quặng loại I và loại III, t/m^3 .

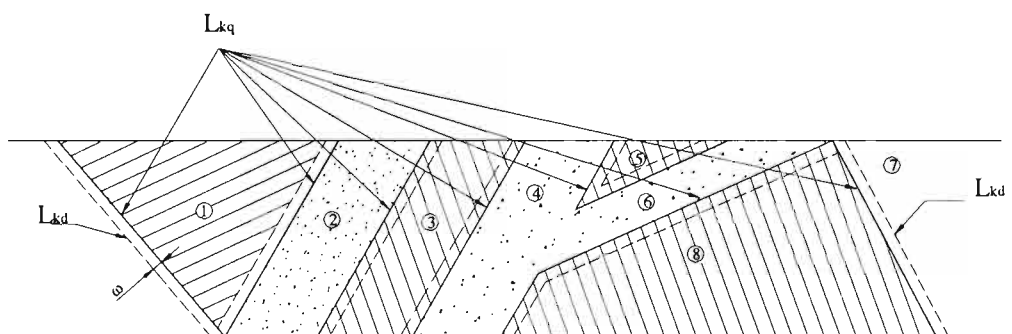
Trong trường hợp này, tỷ lệ tổn thất quặng loại I được xác định theo biểu thức dưới đây:

$$K_m = \frac{(1+n)t}{m} = \frac{\omega}{m} 100, \% \quad (15)$$

Với $n = 0, t = \omega$.

Trong đó: n - số lớp kẹp cần tách riêng; m - chiều dày thực của vỉa quặng, m ; t - chiều dày tổn thất tương đương, m ; ω - chiều dày xúc riêng cho phép của thiết bị xúc bốc sử dụng, m .

Đối với các vỉa quặng có cấu tạo phức tạp, thì việc khai thác chọn lọc được thực hiện hoàn toàn bằng máy xúc thủy lực gàu ngược với chiều cao gương xúc bằng 5 m và chiều rộng luồng xúc thay đổi tùy thuộc vào từng điều kiện cụ thể (Hình 3).



Hình 3: Trình tự khai thác chọn lọc của máy xúc thủy lực gàu ngược đối với những vỉa phức tạp (1, 2, ..., 8 - trình tự xúc của máy xúc thủy lực gàu ngược)

Trình tự cho việc thiết kế mỏ trong trường hợp này được thực hiện như sau: dựa trên trình tự xúc và sự tiếp xúc giữa quặng loại I và loại III, giữa quặng loại I và đất đá, tiến hành đo chiều dài tiếp xúc giữa đất đá và quặng (L_{Kq}) và giữa các loại quặng I và III (L_{Kd}). Việc này cũng được thực hiện cho các mặt cắt ngang gần nhau để xác định hệ số ảnh hưởng bởi mức độ phức tạp và cấu trúc địa chất của vỉa (λ_q, λ_d) theo biểu thức (9). Sau đó, xác định được tỷ lệ tổn thất và làm bản quặng theo các biểu thức (6), (8) và hiệu quả của phương án khai thác chọn lọc theo biểu thức (3).

2.3. Trung hòa quặng

Đối với những vỉa quặng có chất lượng thay đổi lớn dọc theo tuyến khai thác, việc trung hòa quặng được thực hiện bởi máy chất tải và ô tô. Quặng giàu và quặng nghèo được chất cho ô tô sao cho hàm lượng trung bình của P_2O_5 trong thùng xe sau khi trung hòa đạt $33 \pm 1\%$.

Việc tính toán trung hòa quặng như sau: trước tiên phải lựa chọn máy chất tải và ô tô phù hợp, tiếp đó tính số lượng gàu xúc N chất cho một ô tô.

Số gàu xúc các loại quặng khác nhau được chất lên ô tô khi tiến hành trung hòa tính như sau:

$$N.\alpha' = N_1.\alpha_1 + N_2.\alpha_2 \quad (16)$$

Trong đó: α' - hàm lượng P_2O_5 trong quặng hàng hóa ($33 \pm 1\%$), %; N_1 - số gàu xúc quặng nghèo với hàm lượng là α_1 ; N_2 - số gàu xúc quặng giàu với hàm lượng là α_2 .

Giá trị $N.\alpha'$ là không đổi. Nếu biết α_1 , α_2 và N_1 , thì sẽ xác định được N_2 . Trong trường hợp sự khác biệt giữa α_1 và α_2 là không đáng kể, N_1 được chọn là 1. Trong trường hợp ngược lại, N_2 được chọn là 2,...

3. Kết luận

Trong điều kiện cụ thể của mỏ apatit Lào Cai, các sơ đồ công nghệ khai thác chọn lọc dưới đây có thể áp dụng hiệu quả cho mỏ:

- Đối với những vỉa đơn giản nhưng không thỏa mãn các điều kiện đã nêu trên, nên sử dụng sơ đồ xúc song song với vách và trụ vỉa chỉ bằng máy xúc thủy lực gàu ngược khi chiều cao gương xúc là 5 m và có thể kết hợp với máy xúc tay gàu khi chiều cao gương xúc là 10 m. Đặc biệt, đối với những vỉa mỏng, dày 1÷2 m, nên sử dụng phương pháp xúc chịu tổn thất ở vách vỉa và chịu làm bẩn ở trụ vỉa.

- Đối với những vỉa đơn giản, có góc dốc $40\div 50^\circ$ và chiều dày lớn hơn 10÷12 m, thì sơ đồ xúc lẫn cả đất đá và quặng bằng máy xúc tay gàu là hợp lý nhất.

- Đối với các vỉa quặng phức tạp, sơ đồ xúc chọn lọc hoàn toàn bằng máy xúc thủy lực gàu ngược với trình tự xúc và chiều rộng luồng xúc phù hợp với từng điều kiện cụ thể của mỏ là hợp lý nhất.

Các sơ đồ công nghệ khai thác chọn lọc trên đã được áp dụng có hiệu quả cho vỉa 1 mỏ apatit Lào Cai trong những năm gần đây. Nghiên cứu này là một tài liệu tham khảo bổ ích cho những mỏ quặng khác có điều kiện tương tự.

Tài liệu tham khảo

[1]. Báo cáo tổng kết đề tài “Nghiên cứu công nghệ khai thác và thiết bị phù hợp với điều kiện địa chất phức tạp và vỉa mỏng với mục đích tăng hệ số thu hồi cho mỏ apatit Lào Cai trong giai đoạn 2000-2010”. Bộ môn Khai thác lộ thiên, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội, Việt Nam.

[2]. Tran Manh Xuan, Bui Xuan Nam, Le Thi Thu Hoa (2008). *Research on suitable selective mining technology for extracting the ore of type I at the Laocai apatite mine*. Proceedings of the International Conference on Advances in Mining and Tunneling. Hanoi, August 20-21, 2008. Publishing House for Science and Technology. P. 133-140