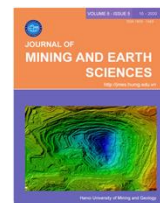




Journal of Mining and Earth Sciences

Website: <http://jmes.humg.edu.vn>



Determining the ability to receive rock of waste dumps when exploiting a group of open-pit coal mines



Hoan Ngoc Do ^{1,*}, Fomin Sergey Igorevic ²

¹ Department of Surface Mining, Mining Faculty, Hanoi University of Mining and Geology, Vietnam

² Faculty of Mining, Saint Petersburg Mining University, Russia

ARTICLE INFO

Article history:

Received 08th Sept. 2020

Revised 29th Sept. 2020

Accepted 10th Oct. 2020

Keywords:

Group of open-pit mines,
Optimum transportation
flows,
Rock dump.

ABSTRACT

In the process of developing the general exploitation and disposal plan for the Deonai, CocSau and Caoson coal mines, use should be taken into account the maximum internal disposal sites to reduce the transport supply and facilitate the environmental restoration work after exploitation. However, in the geological conditions of these coal mines, in order to ensure the space to exploit and make full use of useful minerals, it is necessary to calculate the economic efficiency when building the exploitation and disposal plan. The content of the article is based on the criteria of optimum transportation flows of rock in the arrangement of waste disposal when exploiting a group of three open-pit mines Deo Nai, Coc Sau and Cao Son.

Copyright © 2020 Hanoi University of Mining and Geology. All rights reserved.

*Corresponding author

E - mail: dohoan385@gmail.com

DOI: 10.46326/JMES.KTLT2020.06



Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất

Trang điện tử: <http://tapchi.humg.edu.vn>



Xác định khả năng tiếp nhận đất đá thải khi khai thác chung một nhóm mỏ khai thác than lộ thiên

Đỗ Ngọc Hoàn^{1,*}, Fomin Sergey Igorevic²

¹ Bộ môn Khai thác lộ thiên, Khoa Mỏ, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Việt Nam

² Khoa Mỏ, Trường Đại học Mỏ Saint Petersburg, Liên bang Nga

THÔNG TIN BÀI BÁO

Quá trình:

Nhận bài 08/9/2020

Sửa xong 29/9/2020

Chấp nhận đăng 10/10/2020

Từ khóa:

Đổ thải,

Luồng vận tải,

Nhóm mỏ lộ thiên.

TÓM TẮT

Khi tiến hành xây dựng lịch kế hoạch khai thác và đổ thải chung cho các mỏ Đèo Nai, Cọc Sáu và Cao Sơn cần thiết phải tính đến việc sử dụng tối đa dung tích bãi thải trong để giảm cung độ vận tải và tạo điều kiện thuận lợi trong công tác hoàn phục môi trường sau khai thác. Tuy nhiên trong điều kiện địa chất và khai thác tại các mỏ than này, để đảm bảo không gian hoạt động khai thác và tận thu tối đa khoáng sản có ích cần tính toán hiệu quả kinh tế khi xây dựng kế hoạch khai thác và đổ thải hợp lý. Nội dung bài báo dựa trên các tiêu chí về tối ưu luồng vận chuyển đất đá để bố trí lịch, trình tự đổ thải hợp lý khi khai thác chung một nhóm gồm 3 mỏ than lộ thiên Đèo Nai, Cọc Sáu và Cao Sơn vùng Cẩm Phả, Quảng Ninh, Việt Nam.

© 2020 Trường Đại học Mỏ - Địa chất. Tất cả các quyền được bảo đảm.

1. Mở đầu

Khi khai thác các cụm mỏ than nằm cạnh nhau, cần xây dựng một trình tự khai thác và đổ thải hợp lý cho các cụm mỏ này. Đối với cụm mỏ than lộ thiên là Đèo Nai, Cọc Sáu và Cao Sơn, để khai thác tối đa tài nguyên than trong biên giới khai thác của các mỏ này thì cần thiết phải xây dựng kế hoạch khai thác và đổ thải hợp lý, đảm bảo thuận lợi trong việc tận thu khoáng sản có ích cũng như sử dụng tối đa dung tích bãi thải trong (BTTr), bãi thải tạm (BTT) và bãi thải ngoài (BTN) (Do Ngọc Hoàn và nnk, 2018).

Công tác vận tải đất đá trên mỏ lộ thiên thường chiếm khối lượng lớn công việc trên mỏ, chi phí cho công tác này thường chiếm trên 40 % trong kết cấu giá thành khai thác, cá biệt có thể lên tới 65÷75% (Hồ Sĩ Giao và nnk, 2009). Chi phí này phụ thuộc rất nhiều vào cung độ vận tải, tổ chức công tác đổ thải và phương pháp đổ thải. Khi khai thác đồng thời các mỏ than cần tối ưu hóa luồng vận chuyển đất đá, có tính đến khoảng cách vận tải, vị trí bãi thải và khả năng tiếp nhận của chúng (С.И.Фомин và nnk, 2013).

Việc sử dụng BTTr không chỉ làm giảm cung độ vận tải, tăng hiệu quả kinh tế của quá trình khai thác mỏ mà còn tạo điều kiện thu ận lợi cho việc cải tạo, phục hồi môi trường sau khi kết thúc khai thác. Việc đổ thải vào các bãi thải cố định (BTCĐ) hoặc BTT tạo thành các tầng thải có chiều cao lớn

*Tác giả liên hệ

E - mail: dohoan385@gmail.com

DOI: 10.46326/JMES.KTTL2020.06

làm gia tăng nguy cơ gây mất ổn định bãi thải và có thể gây ra các sự cố môi trường nghiêm trọng.

Đối với khu vực khai thác than Cẩm Phả - Quảng Ninh, hiện có nhiều mỏ than lộ thiên và hầm lò nằm trong cùng một khu vực và việc vận tải đất đá từ khai trường ra bãi thải có sự tiếp xúc và đan xen nhau (Do Ngọc Hoàn và nnk, 2018).

Nghiên cứu này dựa trên việc đánh giá khả năng tiếp nhận của các bãi thải từ đó đưa ra các tính toán về kinh tế khi thực hiện đổ thải trong và thải tạm cũng như năng lực thông của tuyến đường vận tải để xây dựng kế hoạch vận tải chung cho ba mỏ đảm bảo an toàn tiết kiệm.

2. Đánh giá khả năng tiếp nhận còn lại của các bãi thải

Việc đánh giá khả năng tiếp nhận của các bãi thải cho phép lập kế hoạch bóc đất đá và vận tải cho các nhóm mỏ khai thác đồng thời: Đèo Nai, Cọc Sáu và Cao Sơn. Để lập kế hoạch và trình tự đổ thải tại các bãi thải, các mỏ Đèo Nai, Cọc Sáu và Cao Sơn có thể đổ thải ra các bãi thải sau:

- Các BTN: bãi thải Đông Cao Sơn (dung tích trên 360 triệu m³), bãi thải Bàng Nâu (282 triệu m³); bãi thải Đông Khe Sim và Nam Khe Tam (247 triệu m³).

- Các BTTr: bãi thải Lộ trí và Nam Lộ trí (dung tích còn có thể tiếp nhận 85,46 triệu m³); bãi thải Thắng Lợi (305 triệu m³); bãi thải Tây Nam vĩa chính (17 triệu m³); bãi thải Vĩa chính (142 triệu m³); bãi thải Gầm Cao Sơn (403,56 triệu m³); bãi thải Khe Chàm II (432,6 triệu m³).

- Các BTT: Bắc Vĩa chính, dung tích tiếp nhận còn lại khoảng 27,6 triệu m³ và bãi thải Vĩa chính khoảng 16 triệu m³ trong thời gian vận hành mỏ Đèo Nai và 218,7 triệu m³ trong thời gian tạm dừng khai thác phần Đèo Nai

Bảng 1 cho thấy khả năng tiếp nhận còn lại

của các bãi thải trong giai đoạn thực hiện khai thác cụm mỏ Đèo Nai, Cọc Sáu và Cao Sơn. Trong đó, ưu sử dụng BTTr và đảm bảo khai thác than tận thu cho các mỏ này. Việc sử dụng BTT Bắc Vĩa chính chỉ sử dụng được với khối lượng 35,88 triệu m³ đất đá (ở trạng thái nở rời), và với cung độ vận tải trung bình 4,28 km thì việc sử dụng BBT cần xem xét tối ưu về phương diện kinh tế. Trong giai đoạn đầu, nếu cung độ vận tải đất đá trung bình từ 4,88 ÷ 6,6 km thì việc tận dụng BBT có thể coi là phương án hợp lý.

3. Cơ sở kinh tế của việc sử dụng BTT và BTTr

3.1. Đối với bãi thải tạm thời

Đối với các mỏ than lộ thiên có vỉa dốc đứng, việc sử dụng BTTr chỉ có thể được thực hiện sau khi hoàn thành việc khai thác mỏ (С.И. Фомин và nnk, 2013). Tuy nhiên, khi khai thác các vỉa than dốc thoải sẽ tạo điều kiện thuận lợi cho việc sử dụng các BTT. Ở giai đoạn khai thác đầu tiên, có thể đổ thải đất đá ra BTT lên trên khu vực khai thác, sau đó được đất đá thải này được bóc lại và đổ vào khoảng trống đã khai thác (Hình 1) (Đỗ Ngọc Hoàn và nnk, 2009; Lalit Kumar Sahoo và nnk, 2014).

Để xác định chiều sâu khai thác hợp lý khi chuyển từ một giai đoạn bất kỳ sang giai đoạn tiếp theo (Hình 1), cần xác định các thông số chính của giai đoạn này và khối lượng BTT.

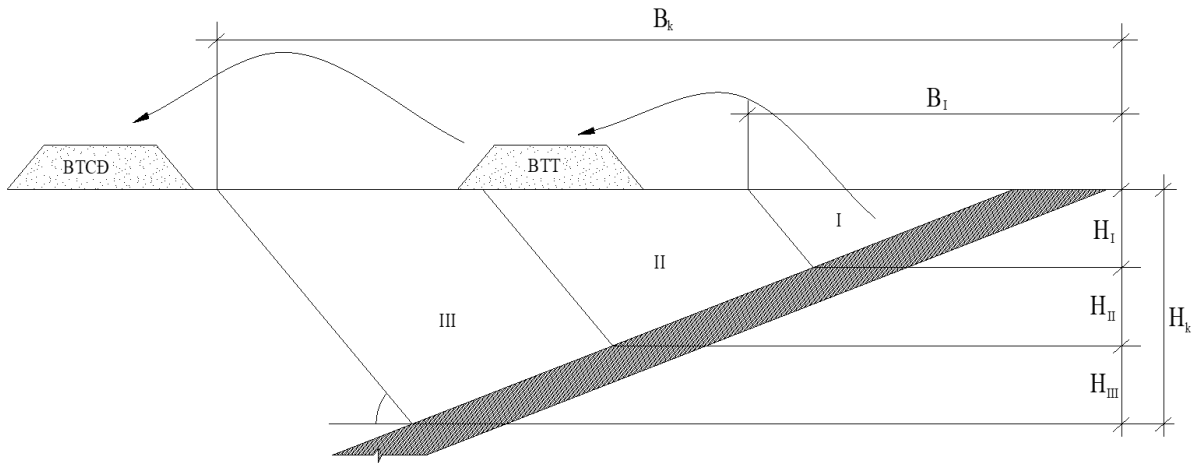
Chiều sâu giai đoạn khai thác thứ nhất:

$$H_I = T \cdot V_n = \frac{T \cdot A_q \cdot \sin \gamma_v}{m_{tb} \cdot L_{bt} \cdot \gamma_t \cdot \eta \cdot (1 + \rho)} \quad (1)$$

Trong đó: T - thời gian trong một giai đoạn khai thác, năm; V_n - Tốc độ dịch chuyển ngang của bờ mỏ, m/năm; A_q - sản lượng khai thác than, t/năm; L_{bt} - chiều dài của bãi chứa tạm thời, m;

Bảng 1. Khả năng tiếp nhận đất đá thải còn lại của các bãi thải trong giai đoạn khai thác chung các mỏ Đèo Nai, Cọc Sáu và Cao Sơn.

Thông số	BTTr							Bãi thải ngoài				BTT
	1	2	3	4	5	6	Tổng	7	8	9	Tổng	
a	184,65	396,72	524,64	562,37	111,10	22,18	1801,66	234,21	367,37	321,03	922,62	35,88
b	142,03	305,17	403,56	432,59	85,46	17,06	1385,89	180,16	282,59	246,94	709,70	27,60
c	141,87	289,47	340,32	216,70	82,29	17,00	1088,65	180,00	269,00	111,67	560,67	27,50
d	2,52	2,81	2,28	5,75	4,84	3,13	3,35	4,88	6,60	6,17	5,89	4,28
e	Đủ	Thừa dung tích	Thừa dung tích	Thừa dung tích	Đủ	Đủ		Đủ	Thừa dung tích	Đủ		



Hình 1. Trình tự khai thác và đổ thải BBT đối với các vỉa dốc nghiêng.

γ_v - góc nghiêng của vỉa than, độ; m_{tb} - chiều dày trung bình của vỉa than, m; γ_t - khối lượng riêng của than, t/m³; η - Hệ số thu hồi than, %; ρ - hệ số làm nghèo than, %.

Chiều rộng trên mặt mỏ (B_d) của giai đoạn khai thác đầu tiên tính từ trụ vỉa tương ứng với chiều sâu H_I (Đỗ Ngọc Hoàn và nnk, 2009; Lalit Kumar Sahoo et al, 2014) được xác định theo công thức:

$$B_d = \frac{T \cdot A_q \cdot \sin \gamma \cdot (\cot g \gamma_v + \cot g \gamma_{td})}{m_{tb} \cdot L_{bt} \cdot \gamma_q \cdot \eta \cdot (1 + \rho)} + \frac{m_{tb}}{\sin \gamma} \quad (2)$$

Trong đó: γ_{td} - Góc nghiêng bờ dừng tạm thời, độ.

Trong thực tế, có nhiều lựa chọn khác nhau để bố trí các BTT trong các điều kiện khai thác khác nhau. Trường hợp phổ biến nhất là tùy chọn đặt BTT trong ranh giới khai thác của mỏ và BTN. Phương án bố trí bãi thải này phù hợp cho điều kiện của các mỏ than Đèo Nai, Cọc Sáu và Cao Sơn.

Một trong những nhược điểm của việc sử dụng BTT là chi phí bốc đất đá tăng do phải bốc lại đất đá từ BTT ra BTCĐ. Tuy nhiên, do sự phân bố chi phí theo thời gian, vốn đầu tư ban đầu và thời hạn đưa mỏ vào sản xuất thì trong nhiều trường hợp, phương án sử dụng BBT mang lại hiệu quả kinh tế cao cho doanh nghiệp.

Nhờ việc bố trí BTT cho phép rút ngắn được cung độ vận chuyển đất đá thải, tiết kiệm được chi phí đầu tư thiết bị vận tải, xây dựng và bảo dưỡng đường sá, xây dựng bãi thải,.... Đặc biệt trong nhiều trường hợp, sẽ tiết kiệm được chi phí giải phóng mặt bằng để làm bãi thải do phải đầu tư

muộn hơn, cũng như giảm được chi phí vận chuyển thường xuyên trong thời kỳ đầu khai thác, góp phần nâng cao hiệu quả khai thác của doanh nghiệp mỏ.

Việc sử dụng BTT cần phải thỏa mãn các điều kiện sau:

$$T + k \leq T_1 \quad (3)$$

$$K_1 + K_2 \geq C_1 + C_2 + C_3 + C_4 \quad (4)$$

Trong đó: T_1 - thời gian được tính từ khi bắt đầu đổ BTT tới khi bắt đầu tiến hành bốc đất đá nguyên thổ để khai thác phần tài nguyên nằm dưới BTT, năm; C_1 - Chi phí bốc lại đất đá trên BTT và gặt trên BTCĐ, đồng/m³; C_2 - Chi phí vận tải đất đá từ BTT tới BTCĐ, đồng/m³; C_3 - Chi phí Đầu tư xây dựng và đền bù BTCĐ, đường vận tải từ BTT đến BTCĐ, thiết bị vận tải,... đồng/m³; C_4 - Chi phí do kéo dài cung độ vận chuyển đất đá, đồng/m³; K_1 - Tiết kiệm do rút ngắn khoảng cách vận chuyển, đồng/m³; K_2 - Tiết kiệm do chưa phải đầu tư xây dựng và đền bù BTCĐ, đường vận tải, đồng/m³.

Hiệu quả kinh tế do rút ngắn cung độ vận tải K_1 (B.C. Xохряков và nnk, 1999) được xác định theo công thức:

$$K_1 = \sum_{i=1}^T \frac{V_{oi} \cdot \gamma_d (Z_{ci} \cdot L_{ci} - Z_{ti} \cdot L_{ti})}{(1+r)^i}, \text{ đồng} \quad (5)$$

Trong đó: V_{oi} - Sản lượng đất đá năm thứ i , m³; L_{ci} - Khoảng cách vận tải đến BTT trong năm thứ i , km; γ_d - khối lượng riêng của đất đá, t/m³; Z_{ci} , Z_{ti} - đơn giá vận chuyển tương ứng với cung độ vận tải năm thứ i , đồng/t.km; r - tỷ suất chiết khấu.

Do chưa phải đầu tư giải phóng mặt bằng và xây dựng BTCĐ, đường vận tải từ BTT đến BTCĐ, và các thiết bị vận tải nên chi phí tiết kiệm K_2 được xác định theo công thức (B.C. Хохряков và nnk, 1999):

$$K_2 = \frac{G_d \cdot (L_c - L_i) + V_{tb}}{(1+r)^i} + \sum_{i=1}^T \frac{G_c \cdot S_{ci}}{(1+r)^i}, \text{ đồng} \quad (6)$$

Trong đó: G_d - đơn giá xây dựng đường vận tải từ BTT đến BTCĐ, đồng/km; G_c - đơn giá xây dựng và đền bù BTCĐ, đồng/km; S_{ci} - diện tích xây dựng và đền bù BTCĐ, m²; V_{tb} - chi phí tiết kiệm được do chưa phải đầu tư thiết bị vận tải nhờ giảm được cung độ vận tải đất đá từ BTT đến BTCĐ, đồng.

Sau thời gian $(T+k)$ năm, với k là thời gian tồn tại của BTT tính từ khi kết thúc đổ BTT tới BTCĐ và được tiến hành trong t năm. Nếu lấy năm đầu tiên làm mốc đánh giá thì cần có các khoản chi phí sau:

- Chi phí bóc lại đất đá thải trên BTT và chi phí gặt trên BTCĐ (B.C. Хохряков và nnk, 1999):

$$C_1 = \sum_{j=T+k+1}^{T+k+t} \frac{V_{tj} \cdot (Z_x + Z_t)}{(1+r)^j}, \text{ đồng} \quad (7)$$

Trong đó: Z_x - Chi phí bóc lại đất đá thải, đồng/m³; Z_t - chi phí đổ thải đất đá trên BTCĐ, thường được tính bằng đơn giá gặt trên bãi thải, đồng/m³; t - thời gian xúc bốc lại BTT, năm.

- Chi phí vận tải đất đá từ BTT thời tới BTCĐ:

$$C_2 = \sum_{j=T+k+1}^{T+k+t} \frac{V_{tj} \cdot \gamma_d \cdot Z_{oj} \cdot L_{oj}}{(1+r)^j}, \text{ đồng} \quad (8)$$

Trong đó: V_{tj} - khối lượng đất đá vận chuyển từ BTT tới BTCĐ năm thứ j , m³; L_{oj} - Cung độ vận tải từ BTT đến BTCĐ năm thứ j , km; Z_{oj} - Chi phí vận tải đất đá, đồng/m³.km.

- Chi phí xây dựng và đền bù BTCĐ, đường vận tải từ BTT đến BTCĐ, thiết bị vận tải (Hill J.H. và nnk, 1993):

$$C_3 = \frac{G_d \cdot (L_c - L_t) + V_{tb}}{(1+r)^{T+k}} + \sum_{j=T+k}^{T+k+t-1} \frac{G_c \cdot S_{cj}}{(1+r)^j}, \text{ đồng} \quad (9)$$

Ngoài ra, trong một số trường hợp đặc biệt (mỏ sâu và vỉa có chiều dài theo phương lớn), để tạo điều kiện có thể sử dụng BTT và BTTTr cần phải tiến hành khai thác lần lượt theo từng khu vực, khi đó để đảm bảo sản lượng than đạt được tương tự như khai thác đồng thời cả hai khu vực thì đòi hỏi tốc độ xuống sâu của mỗi khu vực phải tăng lên gấp đôi (giả sử trữ lượng than trên các tầng của 2 khu vực là như nhau). Vì vậy, trong thời gian đổ BTT, chiều cao nâng tải hàng năm sẽ tăng lên dẫn

tới cung độ vận tải cũng tăng theo. Các chi phí sẽ tăng thêm trong khoảng thời gian T bao gồm:

- Chi phí vận tải do kéo dài cung độ vận chuyển đất đá:

$$C_4 = \sum_{i=1}^T \frac{V_{oj} \cdot \gamma_d \cdot (Z_{1i} \cdot L_{1i} - Z_{2i} \cdot L_{2i})}{(1+r)^i}, \text{ đồng} \quad (10)$$

Trong đó: P_{oi} - Sản lượng khai thác than năm thứ i , nghìn tấn/năm; γ_d - khối lượng riêng của đất đá, t/m³; Z_{1i} , Z_{2i} - Chi phí vận tải đất đá tương ứng với cung độ vận tải.

Khi đó, hiệu quả kinh tế nhờ việc sử dụng bãi thải tạm có thể được xác định như sau:

$$A_1 = K_1 + K_2 - C_1 - C_2 - C_3 - C_4, \text{ đồng} \quad (11)$$

3.2. Đối với bãi thải trong

Trong trường hợp trình tự khai thác đảm bảo sử dụng toàn bộ BTTTr sẽ đem lại hiệu quả lớn nhất. Hiệu quả đó được thể hiện đầy đủ nhất thông qua hiệu quả kinh tế tổng thể trong toàn bộ quá trình khai thác. Trong trường hợp này có thể xác định hiệu quả kinh tế sơ bộ khi sử dụng BTTTr như sau:

Giả sử trong một giai đoạn khai thác nào đó thời gian N năm và nếu lấy năm đầu tiên của giai đoạn làm mốc đánh giá thì chúng ta có các khoản chi phí sẽ giảm được nhờ sử dụng BTTTr như sau:

- Chi phí do rút ngắn được khoảng cách vận chuyển:

$$K_3 = \sum_{i=1}^N \frac{V_{oi} \cdot \gamma_d \cdot (Z_{ni} \cdot L_{ni} - Z_{tri} \cdot L_{tri})}{(1+r)^i}, \text{ đồng} \quad (12)$$

Trong đó: L_{ni} , L_{tri} - Khoảng cách vận chuyển đến bãi thải ngoài và BTTTr năm thứ i , km; Z_{ni} , Z_{tri} - Đơn giá vận chuyển tương ứng với cung độ vận tải đất đá vào bãi thải ngoài và bãi thải trong, đồng/m³.km.

- Chi phí giảm do không phải đầu tư xây dựng, giải phóng mặt bằng làm bãi thải ngoài, đường vận tải từ BTTTr đến bãi thải ngoài, thiết bị vận tải (Hill J.H. và nnk, 1993):

$$K_4 = \frac{G_d \cdot (L_n - L_{tr}) + V_{tb}}{1+r} + \sum_{i=1}^N \frac{G_n \cdot S_{ni}}{(1+r)^i}, \text{ đồng} \quad (13)$$

Trong đó: G_n - đơn giá đền bù hoặc xây dựng bãi thải ngoài, đồng/m²; S_{ni} - Diện tích đền bù hoặc xây dựng bãi thải năm thứ i , m²; V_{tb} - số tiền tiết kiệm do không phải đầu tư thiết bị vận tải nhờ giảm cung độ vận chuyển đất đá từ BTTTr đến bãi

thải ngoài, đồng.

Trong thời gian N năm, do cần tăng tốc độ xuống sâu để đảm bảo sản lượng theo yêu cầu nên cung độ vận tải đất đá bị kéo dài và được tính theo biểu thức (10) dẫn tới việc tăng thêm các khoản chi phí do kéo dài tuyến đường. Như vậy, hiệu quả kinh tế của việc sử dụng BTT là:

$$A_2 = K_3 + K_4 - C_4, \text{ đồng} \quad (14)$$

Như vậy, việc sử dụng BTT và BTTT đối với các mỏ Đèo Nai, Cọc Sáu và Cao Sơn không chỉ mang lại hiệu quả trong công tác hoàn nguyên môi trường, tránh sự cố môi trường mà còn có cơ sở kinh tế có thể đem lại hiệu quả do rút ngắn cung độ vận tải và sử dụng hợp lý vốn đầu tư. Dung tích các BTTT có thể đủ hoặc thừa để chứa đất đá thải theo yêu cầu. Tuy nhiên, trong quá trình khai thác, để đảm bảo mặt bằng cần thiết, cần tính toán hợp lý giữa việc sử dụng BTN và BTT. Trong đó, cần ưu tiên BTT hơn do các ưu-nhược điểm đã được phân tích ở trên.

4. Tối ưu hóa luồng vận chuyển đất đá thải thông qua khoảng cách vận tải

Trong một số mô hình định tuyến lựa chọn phương án vận tải và đổ thải đất đá trên mỏ lộ thiên, phương pháp luận tối ưu hóa, lập trình số nguyên và lập trình tự động đã được sử dụng để xác định quy mô và bố trí vận tải đổ thải. Ví dụ, White và Olson (J. White và nnk, 1992) đã áp dụng các mô hình mạng, lập trình tuyến tính và các phương pháp lập trình động cho bài toán lập lịch vận tải và đổ thải. Việc đầu tiên là xác định khả năng tiếp nhận của các bãi thải bao gồm cả BTTT, BTT và BTN. Sau đó thiết lập hệ thống đường vận tải ngắn nhất từ các mỏ tới các vị trí bãi thải (B.Л. Яковлев và nnk, 2009; И.Фомин và nnk, 1995; J. White và nnk, 1992). Cuối cùng, tiến hành tính toán để cân bằng khả năng thông qua của tuyến đường vận tải.

Tổ hợp khai thác và vận tải của các mỏ lộ thiên Đèo Nai, Cọc Sáu và Cao Sơn chủ yếu sử dụng xe ô tô tự đổ với số lượng xe đảm bảo vận chuyển đất đá từ khai trường tới các bãi thải, có tính đến năng lực thông qua để đảm bảo thông tin liên lạc vận chuyển nội mỏ, hệ thống đường trên vận tải mỏ lộ thiên.

$$Q_{Af}^{min_{Afj} f_j (1+k_{Tfj})_{Af}^{max_{Afj}}} \quad (15)$$

Trong đó: Q_{Af}^{min} - Năng suất nhỏ nhất của ô tô có thể đảm bảo khai thác khu vực f trong nhóm mỏ, $m^3/năm$; N_{Afj} - Số lượng xe tải trên tuyến đường khi khai thác khu vực f của nhóm trong năm thứ j , chiếc; Q_{Af}^{max} - Năng suất tối đa của xe tải khi khai thác khu vực f của nhóm mỏ, $m^3/năm$; k_{Tfj} - Hệ số bốc thời gian của khu vực khai thác f trong năm hoạt động thứ j , m^3/t .

Mỏ Cọc Sáu hiện đang sử dụng các xe ô tô vận tải đất đá thải có tải trọng từ 58 ÷ 96 tấn, vận chuyển từ các khai trường tới các bãi thải Đông Cao Sơn, Thắng Lợi, BTT Bắc vĩa chính, với cung độ vận chuyển trung bình là 5,32 km. Năng lực thông qua của tuyến đường vận tải là 415.474.250 t.km. Lịch đổ thải của mỏ than Cọc Sáu được thể hiện trong Hình 2

- Mỏ than Đèo Nai hiện đang sử dụng các xe ô tô có tải trọng 58-96 tấn để vận chuyển đất đá từ khai trường ra các bãi thải Lộ Trí và Nam Lộ Trí với dung tích tiếp nhận còn lại 82,29 triệu m^3 ; Đông Khe Sim và Nam Khe Tam: 40,4 triệu m^3 và Tây Nam vĩa chính: 17 triệu m^3 ; Đông Cao Sơn, Thắng Lợi và Bắc vĩa chính, với cung độ vận tải trung bình là 5,68 km. Lịch đổ thải của mỏ than Đèo Nai được thể hiện trong Hình 3.

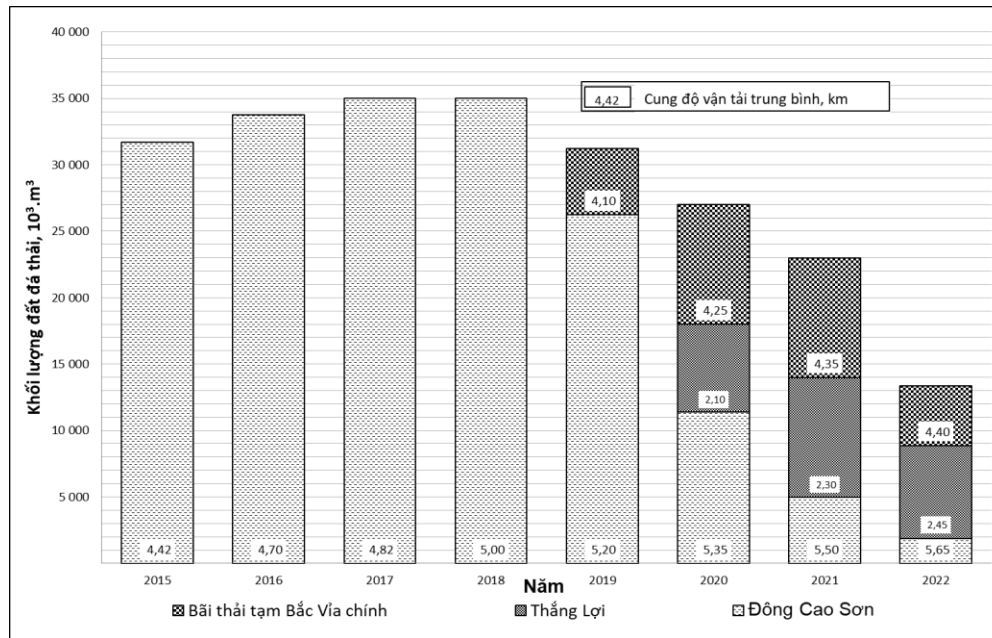
- Đối với mỏ than Cao Sơn, hiện tại mỏ vẫn đang sử dụng hai hình thức vận tải đất đá từ khai trường ra bãi thải:

+ Vận tải liên hợp bằng ô tô - băng tải: Ô tô có tải trọng 36÷96 tấn đảm nhiệm công đoạn vận tải từ các gương xúc trên tầng đến trạm trung chuyển và được bố trí ở mức +50 m ngoài biên giới khai trường. Hệ thống băng tải đá đảm nhiệm công đoạn vận tải từ trạm trung chuyển đến bãi thải Bàng Nâu với khối lượng vận tải 20 triệu $m^3/năm$.

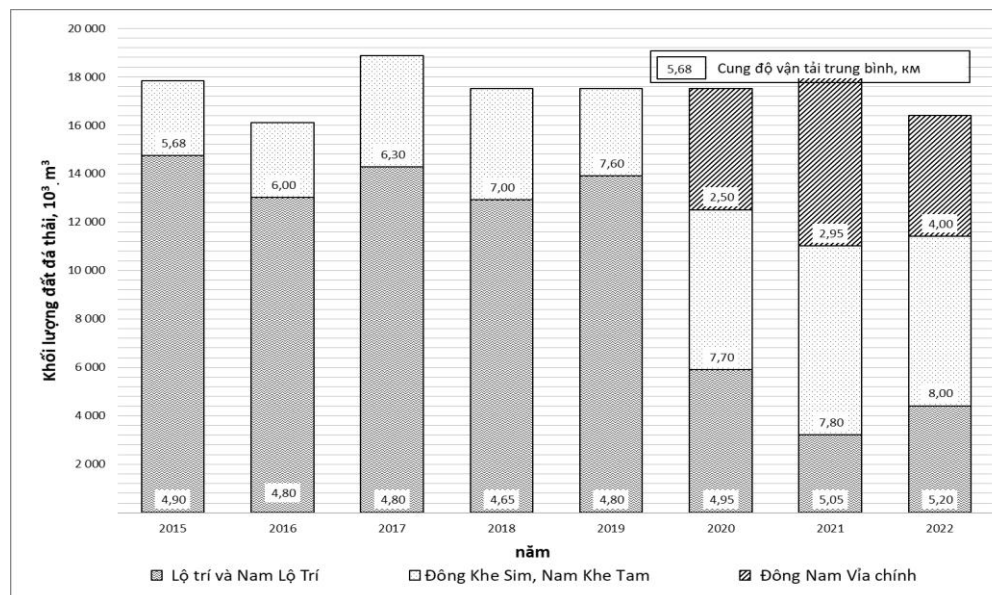
+ Vận tải đơn thuần bằng ô tô: Sử dụng ô tô có tải trọng 55÷96 tấn để vận chuyển đất đá thải trực tiếp từ các gương xúc trên tầng ra các bãi thải.

Đất đá mỏ Cao Sơn được đổ ra các bãi thải: Bàng Nâu 269 triệu m^3 , Đông Khe Sim-Nam Khe Tam 71,275 triệu m^3 , trong Thắng Lợi 58,25 triệu m^3 , trong Khe Châm II (LT) 216,7 triệu m^3 và trong Gầm Cao Sơn 341,32 triệu m^3 . Lịch đổ thải và cung độ vận tải đất đá theo từng bãi thải và từng năm của mỏ than Cao Sơn được thể hiện trong Hình 4

Đối với phần than nằm trong gianh giới hai khai trường mỏ Đèo Nai-Cọc Sáu được đưa vào khai thác ngay trong quá trình kết thúc khai thác mỏ Cọc Sáu. Vì vậy, các thiết bị xúc bốc, vận tải, v.v... của mỏ Đèo Nai và Cọc Sáu tiếp tục được



Hình 2. Lịch đổ thải của mỏ than Cọc Sáu.

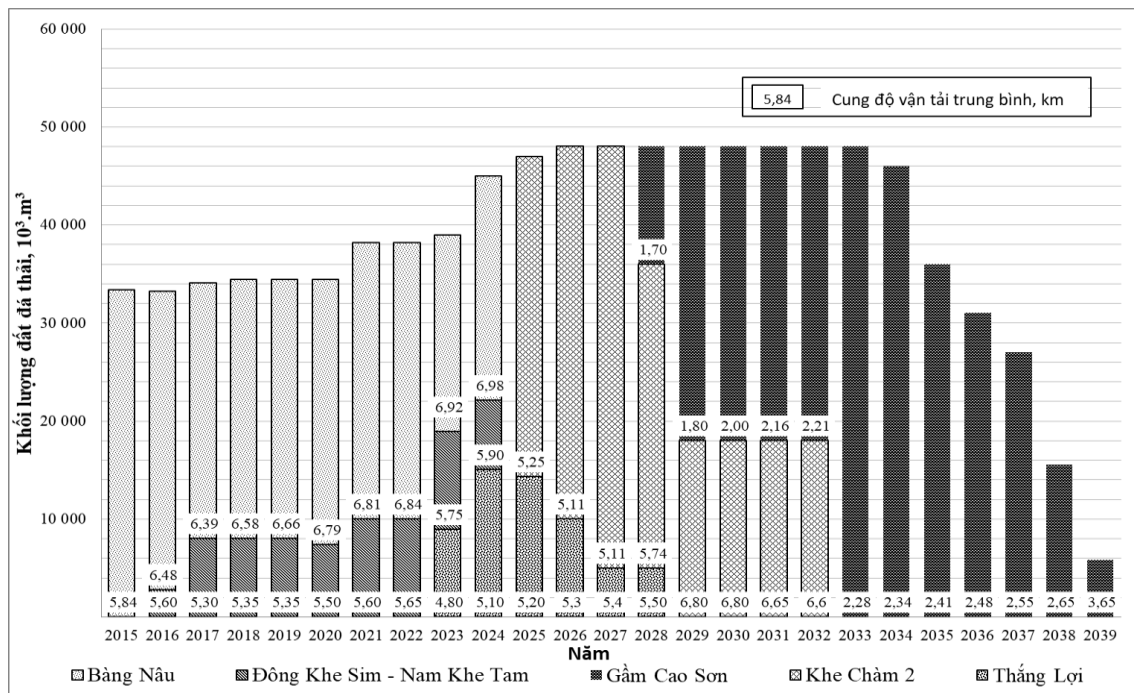


Hình 3. Lịch đổ thải của mỏ than Đèo Nai.

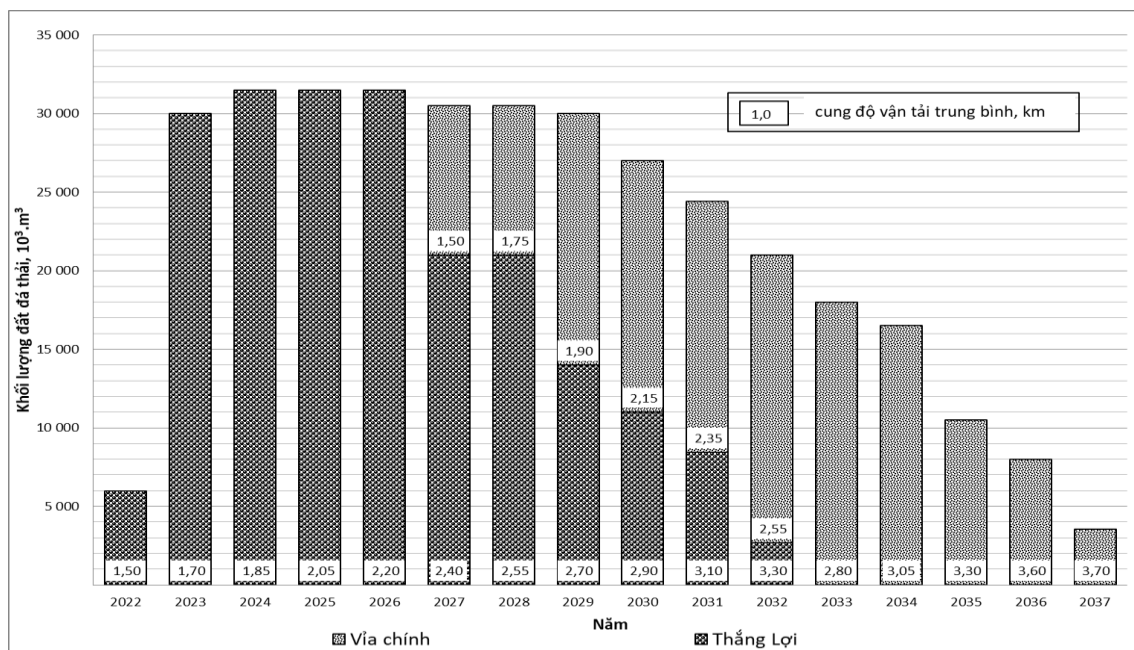
sử dụng để khai thác trong các năm tiếp theo. Công tác vận tải đất đá thải được sử dụng theo hình thức vận tải ô tô đơn thuần nhưng cần đầu tư 100% là ô tô có tải trọng 91÷96 tấn. Đất đá thải được đổ 100% vào các BTT Thăng Lợi với dung tích chứa 208,62 triệu m³ và BTT vĩa chính với dung tích chứa 141,87 triệu m³. Lịch đổ thải và cung độ vận tải đất đá theo từng bãi thải và từng năm thể hiện trên Hình 5

5. Kết luận

Lịch đổ thải đất đá hợp lý cho cụm mỏ than lộ thiên Đèo Nai, Cọc Sáu và Cao Sơn được xác định trong điều kiện đảm bảo khoảng trống khai thác tận thu than tại các khu vực khai trường đến khi kết thúc khai thác, đảm bảo cung độ vận chuyển đất đá thải là nhỏ nhất và đảm bảo hiệu quả kinh tế khi tiến hành khai thác.



Hình 4. Lịch đổ thải đất đá từ mỏ than Cao Sơn.



Hình 5. Lịch đổ thải của cụm mỏ Đèo Nai - Cọc Sáu.

Lịch đổ thải được xây dựng ưu tiên sử dụng không gian BTTr nhằm mục đích giảm cung độ vận tải đất đá cũng như tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình phục hồi môi trường sau khi kết thúc khai thác để giảm thiểu sử dụng BTN, gây ảnh hưởng xấu tới cảnh quan môi trường. Các BTTr, BTT và BTN đều được đánh giá có dung tích đủ và

thừa để chứa đủ lượng đất đá thải trong giai đoạn khai thác chung cụm mỏ Đèo Nai, Cọc Sáu và Cao Sơn đến khi kết thúc khai thác theo thiết kế.

Qua việc phân tích hiệu quả kinh tế của việc sử dụng BTT và BTTr để đổ thải cũng như nghiên cứu tối ưu hóa luồng vận chuyển đất đá thải từ các khu vực khai trường khác nhau tới các bãi thải

được quy hoạch, tác giả đã xây dựng được kế hoạch đổ thải đất đá cho các khu vực khai thác của cụm mỏ than lộ thiên Đèo Nai, Cọc Sáu và Cao Sơn.

Đóng góp của các tác giả

Tác giả Đỗ Ngọc Hoàn hình thành ý tưởng, triển khai các nội dung và hoàn thiện bản thảo cuối của bài báo; tác giả Fomin Sergey Igorevic cùng triển khai các nội dung và đọc bản thảo bài báo.

Tài liệu tham khảo

- Do Ngoc Hoan, Sergey Igorevich Fomin, Vladimir Viktorovich Ivanov, (2018). Rational combination of capital mining and Construction mining Operations in coal cuts. *International Journal of Engineering & Technology* 7(4.38), tr. 1118-1121.
- Đỗ Ngọc Hoàn, Nguyễn Thị Oanh, Lê Khắc Bộ, (2009). Nghiên cứu hoàn thiện các phương pháp đổ thải hợp lý cho các mỏ lộ thiên lớn vùng Cẩm Phả Quảng Ninh. *Tuyển tập Báo cáo nghiên cứu khoa học sinh viên năm 2009*, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội, tr. 41-44.
- Hill J.H., (1993). *Geological and economical estimate of mining projects*, London: Informa Group, 85 trang.
- Hồ Sĩ Giao, Bùi Xuân Nam, Nguyễn Anh Tuấn, (2009). *Khai thác khoáng sản rắn bằng phương pháp lộ thiên*. NXB Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội, 540 trang.
- J. White and J. Olson, (1992). "On improving truck/shovel productivity in open pit mines." *Proceedings of the 23rd International Symposium on Application of Computers and Operations Research in the Minerals Industries (APCOM '92)*, tr. 739-746, SME, Littleton, Colo, USA, 1992.
- Lalit Kumar Sahoo, Santanu Bandyopadhyay, Rangan Banerjee, (2014). *Benchmarking*

energy consumption for dump trucks in mines. *Applied Energy*, 113, tr. 1382-1396.

- W. Hustrulid, M. Kuchta, (1998). *Open Pit Mine: Planning & Design*, Brookfield VT: A.A. Balkema, 735 trang.
- В.Л. Яковлев, С.В. Корнилов, (2009). *Методические подходы к учету закономерностей и региональных особенностей при выборе стратегии освоения месторождений полезных ископаемых*. Екатеринбург, Геотехнологические проблемы комплексного освоения недр, 5, tr. 163-171.
- В.С. Хохряков, Г.Г. Саканцев и др., (1999). *Экономико-математическое моделирование и проектирование карьеров*. Кузбассвуиздат, Кемерово, - 140 trang.
- С.И. Фомин, Г.А. Холодняков, (2013). *Метод определения производительности совместной разработки месторождений на предварительной стадии оценки целесообразности разработки*. В кн.: *Сборник научных трудов СПГГИ*, 2. С-Пб., изд. СПГГИ, tr. 26-35.
- С.И. Фомин, Г.А. Холодняков, М.В. Баженов, (1995). *Обоснование целесообразности разработки месторождений группы карьеров*. г. Рудный, Рудненская гор. тип., 115 trang.
- С.И. Фомин, Д.А. Ведрова, Ван Тхань Доан, (2013). *Организация открытой разработки месторождений группой карьеров*. Журнал «Маркшейдерия и недропользование», 3, tr. 44-49.
- Шешко, Е.Е., (2003). *Горнотранспортные машины и оборудование для открытых работ*. МГУ, М., 186 trang.