

## Journal of Mining and Earth Sciences

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

# Mining technology for exploiting deep open-pit mines in Vietnam



Tuoc Ngoc Do <sup>1,\*</sup>, Giao Si Ho <sup>2</sup>, Xuan Manh Tran <sup>2</sup>, Thanh Van Doan <sup>1</sup>, Nam Duy Bui <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institute of Mining Science and Technology - Vinacomin, Vietnam

<sup>2</sup> Mining Science and Technology Association, Vietnam

### ARTICLE INFO

*Article history:*  
Received 08<sup>th</sup> Sept. 2020  
Revised 29<sup>th</sup> Sept. 2020  
Accepted 10<sup>th</sup> Oct. 2020

*Keywords:*  
Deep open-pit mines,  
Mining technology,  
Vietnam.

### ABSTRACT

*Vietnam's open-pit mines have been exploited deeper and deeper. At the end of exploitation, the bottom of the mine is 300÷400 m lower than the sea level. Mining in the deep layers will face a series of difficulties such as seasonal exploitation, high pit bank, large amount of water mud, limited field size, increasing intensity of exploitation on each layer and the whole shore, conditions. The microclimate changes in an unfavorable direction at the bottom of the mine, etc. On the basis of the analysis of the characteristics of the deep layers, experience in exploiting at home and abroad, the article proposes a number of mining technology solutions. Appropriate exploitation at deep open mines such as: Exploiting convex banks, using transport equipment operating on high slope, water mud treatment technology and deep digging seasonally for safe exploitation to ensure mine output, efficiency and maximum resource recovery.*

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

*\*Corresponding author*

*E - mail:* [dotuoc@gmail.com](mailto:dotuoc@gmail.com)

DOI: 10.46326/JMES.KTLT2020.04



## Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất

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



# Công nghệ khai thác cho các mỏ lộ thiên sâu Việt Nam

Đỗ Ngọc Tước<sup>1,\*</sup>, Hồ Sĩ Giao<sup>2</sup>, Trần Mạnh Xuân<sup>2</sup>, Đoàn Văn Thanh<sup>1</sup>, Bùi Duy Nam<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin, Việt Nam

<sup>2</sup> Hội Khoa học công nghệ Mỏ, Việt Nam

### THÔNG TIN BÀI BÁO

### TÓM TẮT

#### Quá trình:

Nhận bài 08/9/2020

Sửa xong 29/9/2020

Chấp nhận đăng 10/10/2020

#### Từ khóa:

Công nghệ khai thác,  
Mỏ lộ thiên sâu,  
Việt Nam.

Các mỏ lộ thiên của Việt Nam ngày càng khai thác xuống sâu. Khi kết thúc khai thác, đáy mỏ thấp hơn mực nước biển từ 300÷400 m. Khai thác tại các tầng sâu sẽ gặp phải hàng loạt khó khăn như: khai thác theo mùa, bờ mỏ cao, lượng bùn nước nhiều, kích thước khai trường hạn chế, cường độ khai thác tăng trên từng tầng và toàn bờ, điều kiện vi khí hậu thay đổi theo hướng bất lợi tại khu vực đáy mỏ.... Trên cơ sở phân tích đặc điểm tại các tầng sâu, kinh nghiệm khai thác trong và ngoài nước, bài báo đề xuất một số giải pháp công nghệ khai thác phù hợp tại các mỏ lộ thiên sâu như: khai thác bờ lùi, sử dụng thiết bị vận tải hoạt động trên độ dốc cao, công nghệ xử lý bùn nước và đào sâu theo mùa nhằm khai thác an toàn đảm bảo sản lượng mỏ, hiệu quả và thu hồi tối đa tài nguyên.

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

## 1. Mở đầu

Hiện tại, khai thác lộ thiên (KTLT) đã, đang và sẽ giữ một vai trò quan trọng trong tổng sản lượng than, khoáng sản khai thác được của TKV, chiếm khoảng 40÷45%. Do đó, các mỏ đều mở rộng quy mô khai thác, kích thước khai trường mở rộng (Bảng 1); cung độ vận tải đất đá và than ngày càng tăng, chiều cao nâng tải ngày càng lớn; hệ số bóc ngày càng tăng. Trong khi đó điều kiện khai thác các mỏ ngày càng trở lên phức tạp, khi xuống sâu điều kiện địa chất thủy văn - địa chất công trình có nhiều thay đổi bất lợi cho quá trình khai thác.

Bảng 1. Các thông số hình học mỏ cơ bản tại một số mỏ than lộ thiên Việt Nam.

TT	Tên mỏ	Chiều dài trên mặt, m	Chiều rộng trên mặt, m	Cao độ đáy mỏ, m	Chiều cao bờ mỏ, m
1	Đèo Nai	3370	1620	-225	497
2	Cọc Sáu	2220	1680	-300	615
3	Cao Sơn	3220	2350	-325	695
4	Đèo Nai - Cọc Sáu	2200	1900	-350	715
5	Tây Nam Đá Mài	1277	850	-300	360
6	Hà Tu	2585	1315	-250	420
7	Na Dương	2898	1840	+18	320
8	Khánh Hòa	1550	1140	-400	440
9	Sin Quyền	2670	915	-188	422
10	Nà Rụa	2.906	765	-188	400
11	Thạch Khê	3350	2100	-550	565

\*Tác giả liên hệ

E - mail: [dotuoc@gmail.com](mailto:dotuoc@gmail.com)

DOI: 10.46326/JMES.KTLT2020.04

Tổng khối lượng đất bóc các mỏ lộ thiên vùng Quảng Ninh còn lại gần 2,8 tỷ m<sup>3</sup>, trữ lượng than khai thác còn lại 268,3 triệu tấn. Trong những năm tới, sản lượng mỗi mỏ lộ thiên đạt từ 1,5÷4,0 triệu tấn than/năm, đất bóc từ 10÷50 triệu m<sup>3</sup>/năm. Các mỏ lộ thiên vùng Hòn Gai cơ bản sẽ kết thúc khai thác vào năm 2020÷2028; các mỏ vùng Cẩm Phả thời gian khai thác đến năm 2038, cung độ vận tải đất đá ra bãi thải ngoài từ 5÷10 km, chiều cao nâng tải từ 150 ÷ 450 m.

Các mỏ lộ thiên sâu Việt Nam hiện tại cũng đã ứng dụng và đưa vào sản xuất các thiết bị khai thác có suất nhỏ và trung bình, chỉ có một số mỏ có số ít máy xúc dung tích gần 10÷12 m<sup>3</sup> và ô tô có tải trọng 91÷130 tấn. Trình độ kỹ thuật công nghệ của các mỏ lộ thiên hiện nay đạt mức độ trung bình tiên tiến. Để đạt được sản lượng theo kế hoạch đã đề ra, trong thời gian tới, cần phải áp dụng các giải pháp như: Khai thác bờ lồi, sử dụng thiết bị vận tải hoạt động trên độ dốc cao, công nghệ xử lý bùn nước và đào sâu theo mùa nhằm khai thác an toàn đảm bảo sản lượng mỏ, hiệu quả và thu hồi tối đa tài nguyên.

## 2. Đặc điểm, hiện trạng các mỏ lộ thiên sâu Việt Nam

Mỏ lộ thiên sâu được hiểu là những mỏ khai thác bằng phương pháp lộ thiên có chiều sâu khai thác lớn (> 200 m). Các mỏ lộ thiên sâu Việt Nam điển hình có thể kể đến gồm: Cọc Sáu, Khánh Hoà, Cao Sơn, Đèo Nai, Hà Tu, Na Dương, Sin Quyền, Thạch Khê.

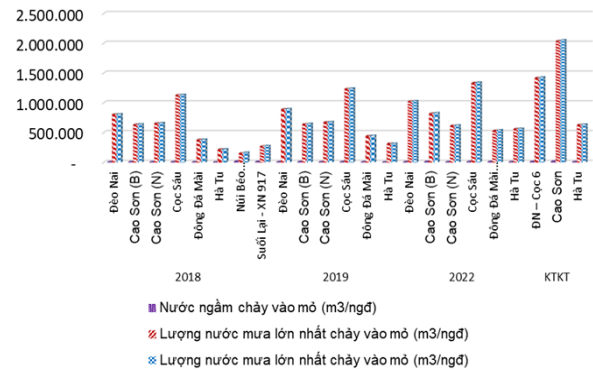
### 2.1. Đặc điểm chung về hình học mỏ

Các mỏ thường có dạng đất bóc tập trung trên sườn núi, khoáng sản nằm phía dưới sâu (trừ mỏ Thạch Khê), chiều cao bờ công tác lớn, khối lượng mỏ trên từng tầng lớn với yêu cầu ngày càng cao về công suất mỏ thì cường độ bóc đất trên từng tầng lớn. Các thông số hình học mỏ cơ bản tại các mỏ thể hiện ở Bảng 1.

### 2.2. Đặc điểm địa chất thủy văn

Các mỏ nằm trong miền khí hậu nhiệt đới có gió mùa đặc trưng bởi hai mùa: mùa mưa và mùa khô. Mùa khô bắt đầu từ tháng 11 đến tháng 4 năm sau; lượng mưa trung bình hàng tháng từ 30÷40 mm. Lượng bốc hơi lớn nhất xảy ra vào mùa khô từ tháng 12 đến tháng 3. Mùa mưa bắt đầu từ

tháng 5 đến tháng 10 hàng năm. Các trận mưa lớn thường tập trung vào tháng 8. Trong đó lượng mưa lớn nhất trong ngày đạt 437 mm. Lượng mưa bình quân hàng tháng từ 400÷600 mm; hàng năm ≈2500 mm. Ngoài ra, tại các tầng sâu được bổ sung lượng nước ngầm. Lượng nước chảy vào đáy mỏ lớn tại một số mỏ than lộ thiên vùng Quảng Ninh thể hiện trên Hình 1.



Hình 1. Biểu đồ thể hiện lượng nước chảy vào moong khai thác.

### 2.3. Đặc điểm địa chất công trình

Khi khai thác xuống sâu, độ cứng đất đá tăng lên, độ khối tăng và độ nứt nẻ giảm. Từ đó, độ khó nổ tăng, làm tăng chi phí nổ mìn do phải tăng chỉ tiêu thuốc nổ và thu hẹp mạng khoan, giảm đường kính lỗ khoan, suất phá đá giảm. Độ nứt nẻ giảm và chính là yếu tố quan trọng ảnh hưởng tới mức độ đập vỡ đất đá.

### 2.4. Hiện trạng công nghệ khai thác

Trong quá trình khai thác, các mỏ than lộ thiên sử dụng hệ thống khai thác (HTKT) dọc, một hoặc hai bờ công tác có vận tải, đổ thải bãi thải ngoài hoặc trong, khẩu theo lớp dốc. Các thông số HTKT như: Chiều cao tầng H = 5÷16 m; chiều rộng mặt tầng công tác nhỏ nhất B<sub>min</sub> = 25÷50 m; góc nghiêng bờ công tác φ = 13÷26°. Phù hợp với các thông số của hệ thống khai thác, đồng bộ thiết bị (ĐBTB) gồm:

+ Thiết bị khoan lỗ mìn: sử dụng các loại máy khoan xoay cầu CBIII-250 có d = 250 mm, các loại máy khoan xoay CbM, d = 165 mm và máy khoan thủy lực DM/DML có đường kính 200÷230 mm. Công tác khoan - nổ mìn phá đá quá cỡ được thực hiện bằng máy khoan thủy lực Diesel có đường

kính 89÷127 mm;

+ Thiết bị xúc đất đá: sử dụng các loại máy xúc tay gầu ЭКГ-4,6, 5A, 8I, 10I do Liên Xô (cũ) chế tạo có dung tích gầu xúc từ 4,6÷10 m<sup>3</sup> và các máy xúc thủy lực gầu ngược (MXTLGN): PC1250, PC1800, CAT5020B,... có dung tích gầu từ 3,5÷12,0 m<sup>3</sup>;

+ Thiết bị vận tải: sử dụng các loại ô tô khung động như Volvo A40D, HM 400-R có tải trọng 37÷42 tấn để vận chuyển tại khu vực đáy mỏ, các loại ô tô khung cứng như CAT 773E, BelAZ 7555; HD 465-7,... có tải trọng từ 55÷96 tấn để vận chuyển đất đá ra bãi thải. Ngoài ra, hiện nay mỏ than Cao Sơn đang vận hành tuyến băng tải ra bãi thải Bàng Nâu có bề rộng băng 2 m, công suất 20 triệu m<sup>3</sup>/năm. (Hình 2).



Hình 2. Hệ thống tuyến băng tải đá mỏ than Cao Sơn

### 3. Các yếu tố kỹ thuật cơ bản ảnh hưởng đến công nghệ khai thác tại các tầng sâu

Khi khai thác các tầng dưới sâu, các yếu tố đặc trưng của mỏ gồm:

-Yếu tố tự nhiên: độ bền, độ nứt nẻ, độ lỗ hổng, độ ngậm nước, hệ số thấm, áp lực, điều kiện bổ sung nước tầng.

- Yếu tố kỹ thuật: Sơ đồ vận tải phức tạp, độ tin cậy của các thiết bị giảm, năng suất thiết bị giảm. Cung cấp nhiên liệu phức tạp, điều kiện lao động khó khăn, nồng độ bụi, tiếng ồn tăng, độ an toàn giảm. Các thông số kỹ thuật: Chiều cao bờ mỏ lớn, biên giới trên mặt mở rộng, khối lượng mỏ trên từng tầng lớn, số lượng tầng công tác và cường độ phát triển công trình mỏ tăng. Thông số và hệ thống khai thác thay đổi. Chiều dài tuyến, bề rộng mặt tầng công tác giảm. Chiều dài vận tải và độ cao nâng tải tăng

#### 3.1. Ảnh hưởng của ổn định bờ mỏ đến công nghệ khai thác tại các tầng sâu

Khi khai thác xuống sâu, bờ mỏ cao và chịu tác động từ các yếu tố bất lợi như: động thái vận động của nước ngầm, tải trọng tác động lên bờ lớn, liên kết giữa các lớp đất đá giảm. Đây là những nguyên nhân làm giảm độ ổn định của bờ mỏ, ảnh hưởng trực tiếp đến công nghệ tạo hình dạng bờ và khối lượng đất đá cần bóc.

#### 3.2. Ảnh hưởng của bùn nước và tốc độ xuống sâu đến công nghệ khai thác

Khi khai thác xuống sâu, khai trường được mở rộng, khối lượng bùn nước chảy vào mỏ tăng. Chúng làm giảm năng suất thiết bị, tăng giá thành khai thác, giảm tốc độ xuống sâu và sản lượng các mỏ. Bùn đất tại đáy moong ảnh hưởng trực tiếp đến công nghệ và thời gian đào sâu đáy mỏ.

Đối với các mỏ kích thước khai trường hạn chế công nghệ đào sâu sử dụng đáy mỏ bậc thang hoặc đáy mỏ nghiêng, phần sâu nhất của đáy mỏ là nơi tập trung bùn nước. Đối với công nghệ trên, bùn đất được dồn hết xuống phần sâu nhất, do đó chiều dày lớp bùn là rất lớn gây khó khăn cho công tác vét bùn và đào sâu đáy mỏ. Với công nghệ đào sâu đáy mỏ nghiêng, các thiết bị xúc bốc và vận tải luôn làm việc trên mặt dốc, do đó năng suất của thiết bị tham gia vét bùn và hoạt động dưới đáy mỏ rất thấp.

Đối với các mỏ có kích thước khai trường lớn, thường áp dụng công nghệ đào sâu sử dụng đáy mỏ 2 cấp. Ở đáy mỏ 2 cấp, bùn lắng đọng ở đáy mỏ được phân bố đều, chiều dày tương đối mỏng, trong quá trình bơm cạn nước, bùn ở phần đáy cao của hố chứa nước, có điều kiện róc nước, tạo thuận lợi cho công tác vét bùn và đào sâu.

#### 3.3. Ảnh hưởng của tính chất cơ lý đất đá đến ổn định bờ mỏ

Tính chất cơ lý của đất đá bao gồm độ bền kháng nén, kháng cắt, kháng kéo, độ rỗng, độ ẩm, mật độ, độ nứt nẻ,... Tính chất cơ lý đất đá ảnh hưởng lớn rất lớn đến độ ổn định của bờ mỏ. Bên cạnh đó, hầu hết trong mỏ tính chất cơ lý đất đá tại các khu vực không đồng nhất. Theo kinh nghiệm khai thác và nghiên cứu tại các mỏ lộ thiên sâu trên thế giới thì càng khai thác xuống sâu, độ nứt nẻ của đất đá càng giảm, độ cứng của đất đá càng tăng. Mối quan hệ giữa lực dính kết và góc nội ma sát của đất đá theo chiều sâu thể hiện trên các Hình 3 và 4 (Han Liu, 2015). Kết quả phân tích trên



các hình này cho thấy: Giá trị góc nội ma sát và lực dính kết của đất đá tăng theo chiều sâu. Điều này có ý nghĩa quan trọng trong việc nâng cao góc dốc kết thúc phần dưới của bờ mỏ, góp phần giảm khối lượng đất bóc trong biên giới mà vẫn đảm bảo an toàn cho bờ mỏ.

#### 4. Các giải pháp kỹ thuật công nghệ khai thác các mỏ lộ thiên sâu

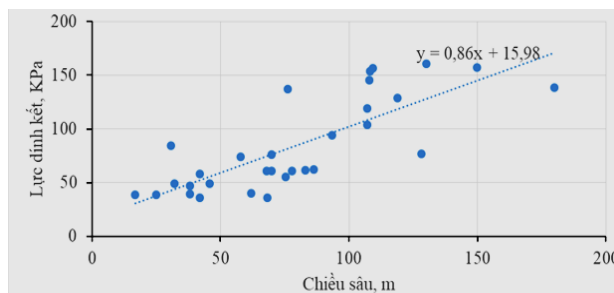
##### 4.1. Các giải pháp về bờ mỏ

Dạng bờ mỏ có ảnh hưởng đặc biệt đến khối lượng bóc đất đá khi độ sâu khai thác lớn. Vì vậy vấn đề lựa chọn hình dạng để đảm bảo cho bờ mỏ có dự trữ ổn định cực tiểu với khối lượng bóc đất nhỏ nhất có ý nghĩa tích cực trong khai thác mỏ lộ thiên sâu. Đối với mỗi dạng bờ mỏ cụ thể, ứng suất đất đá trong bờ sẽ có sự phân bố khác nhau: có thể tập trung phân bố trên toàn bộ chiều cao bờ (bờ phẳng), tập trung tại phần dưới của bờ (bờ lõm) và tập trung tại phần trên của bờ (bờ lồi). Trên quan điểm về ổn định bờ mỏ thì ứng suất đất đá tập trung tại phần dưới của bờ sẽ có lợi nhất cho ổn định của bờ mỏ, giảm được áp lực đất đá và ứng suất kéo tác dụng lên phần trên bờ mỏ. Báo cáo tính toán, lựa chọn hình dạng bờ cho mỏ than Cọc Sáu, tiến hành lập mô hình mặt cắt đặc trưng cho 3 dạng bờ mỏ khác nhau, trên cơ sở khối lượng đất đá bóc của các phương án bờ mỏ như nhau. Các thông số mặt cắt đặc trưng được lựa chọn: chiều cao bờ 300 m, góc dốc kết thúc của bờ thay đổi từ 35÷43°. Kết quả tính toán và so sánh mức độ ổn định của bờ mỏ cho kết quả phân tích như Hình 5.

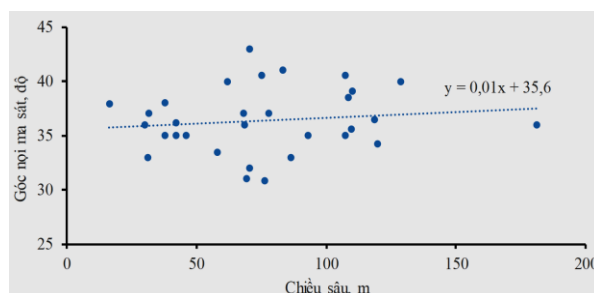
Như vậy, trong cùng một điều kiện cụ thể, bờ mỏ lồi có hệ số ổn định cao hơn bờ phẳng và bờ lõm. Với điều kiện của mô hình mặt cắt đặc trưng đã lập, giải bài toán hình học cho thấy, với hệ số ổn định  $F_s = 1,1$  thì khối lượng đất bóc trên 1 m dài bờ mỏ khi sử dụng bờ lồi nhỏ hơn so với bờ phẳng 2.416 m<sup>3</sup> và nhỏ hơn so với bờ lõm 7.092 m<sup>3</sup>. Do đó, khi sử dụng bờ mỏ lồi cho mỏ than Cọc Sáu không những có lợi về mặt ổn định bờ mỏ, mà còn làm giảm đáng kể khối lượng đất bóc. Như vậy, dạng bờ mỏ lồi có thể áp dụng cho các mỏ lộ thiên sâu Việt Nam: Cọc Sáu, Sin Quyền, Khánh Hòa, Đèo Nai, Cao Sơn, Hà Tu.

##### 4.2. Giải pháp nâng cao góc dốc sườn tầng

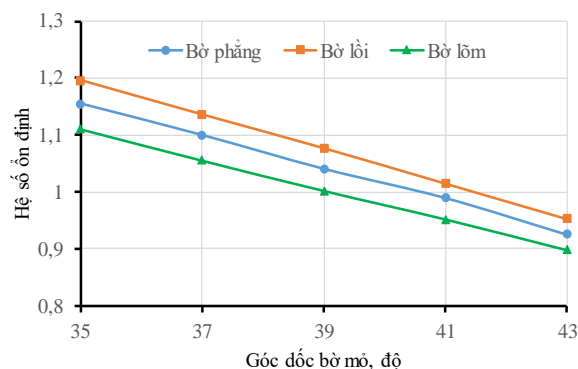
Theo các thiết kế của các mỏ lộ thiên đã được phê duyệt (Hình 6), góc dốc sườn tầng từ 65÷70°.



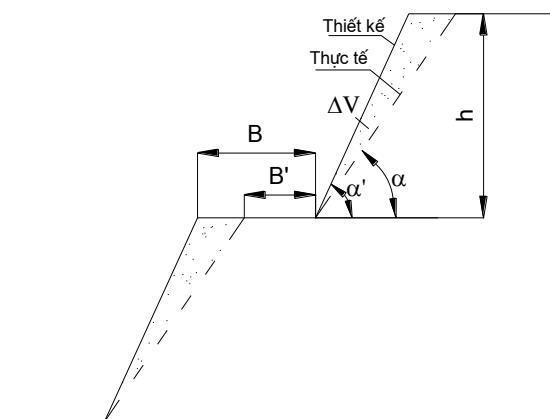
Hình 3. Góc nội ma sát của đất đá theo chiều sâu.



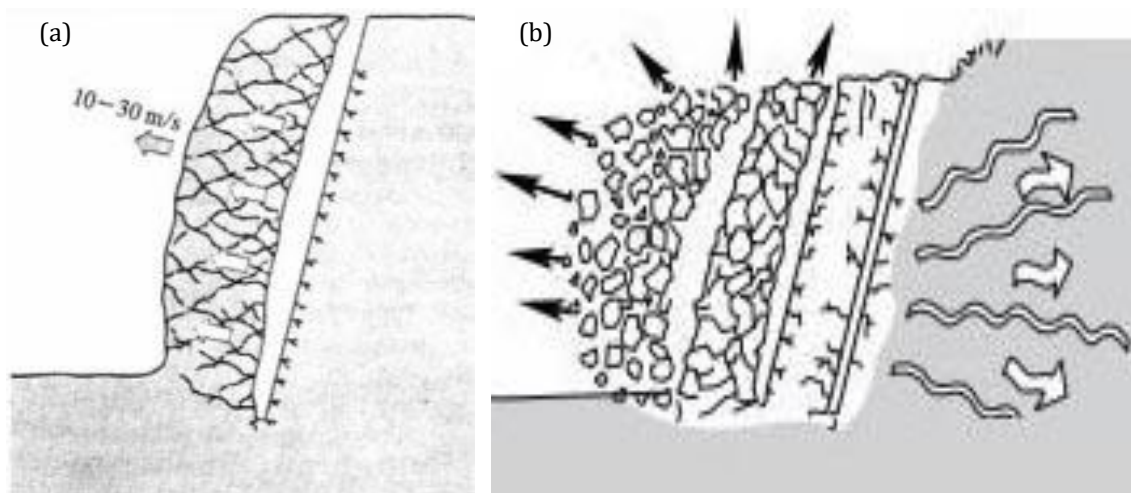
Hình 4. Lực dính kết của đất đá theo chiều sâu.



Hình 5. Quan hệ giữa hình dạng bờ mỏ với hệ số ổn định



Hình 6. Minh họa sự thay đổi của góc dốc sườn tầng ( $\alpha, \alpha'$  - góc nghiêng sườn tầng theo thiết kế và thực tế;  $B, B'$  - chiều rộng mặt tầng theo thiết kế và thực tế).



Hình 7. Sơ đồ nguyên lý hình thành sườn tầng khi khoan nghiêng. a - giai đoạn phát triển khe nứt; b - giai đoạn đất đá bị đập vỡ, dịch chuyển và hình thành sườn tầng.

Tuy nhiên, thực tế quá trình thi công khai thác, góc dốc sườn tầng chỉ đạt giá trị từ  $53\div 55^\circ$ , thấp hơn từ  $10\div 12^\circ$ , điều đó đã tăng hệ số bóc sản xuất, thu hẹp mặt tầng công tác.

Trong trường hợp tổng quát khi góc dốc sườn tầng giảm một giá trị là  $\Delta\alpha$  thì khối lượng mỏ sẽ tăng một giá trị tương ứng là  $\Delta V$  trong cùng một biên giới khai trường, giá trị của  $\Delta V$  được xác định theo công thức:

$$\Delta V = 0,5h^2 \cdot \frac{\sin \Delta\alpha}{\sin^2 \alpha} m^3/m \quad (1)$$

Trong đó: h- chiều cao tầng,  $h = 12$  m;  $\Delta\alpha$ - giá trị giảm của góc dốc sườn tầng,  $\Delta\alpha = 10\div 12^\circ$ ;  $\alpha$ - độ lớn của góc nghiêng sườn tầng thiết kế,  $\alpha = 65^\circ$ , ta có  $\Delta V = 16,8$  m<sup>3</sup>/m.

Như vậy, khi các mỏ xuống sâu, số tầng khai thác từ  $15\div 20$  tầng, chiều dài mỏ từ  $1,5\div 2,0$  km. Với công nghệ nổ mìn như hiện nay, các mỏ phải bóc thêm đến hàng triệu m<sup>3</sup> đất đá.

Một số giải pháp nâng cao góc dốc sườn tầng: sử dụng chiều cao tầng thấp, phương pháp nổ tạo biên; khoan nghiêng, phân đoạn chiều cao cột thuốc, nổ tạo rạch hoặc có thể kết hợp nhiều giải pháp trong cùng một khu vực để có thể tạo ra góc dốc sườn tầng lớn nhất, bờ mỏ ổn định lâu dài nhất với chi phí nhỏ nhất.

Khi sử dụng phương pháp khoan nghiêng: các lỗ khoan được khoan nghiêng từ  $60\div 85^\circ$ . Phương pháp khoan nghiêng cho phép hạn chế tối đa năng lượng sóng nổ và áp lực khí nổ tác động về các phần tử đất đá nằm phía sau lượng thuốc nổ và tạo ra vùng đập vỡ có dạng gần như hình trụ. Phương

pháp này không chỉ tạo ra góc dốc sườn tầng ít bị thay đổi so với thiết kế (Hình 7) mà còn tăng mức độ đồng đều cỡ hạt sau khi nổ mìn và nhờ đó làm tăng năng suất của thiết bị xúc bốc.

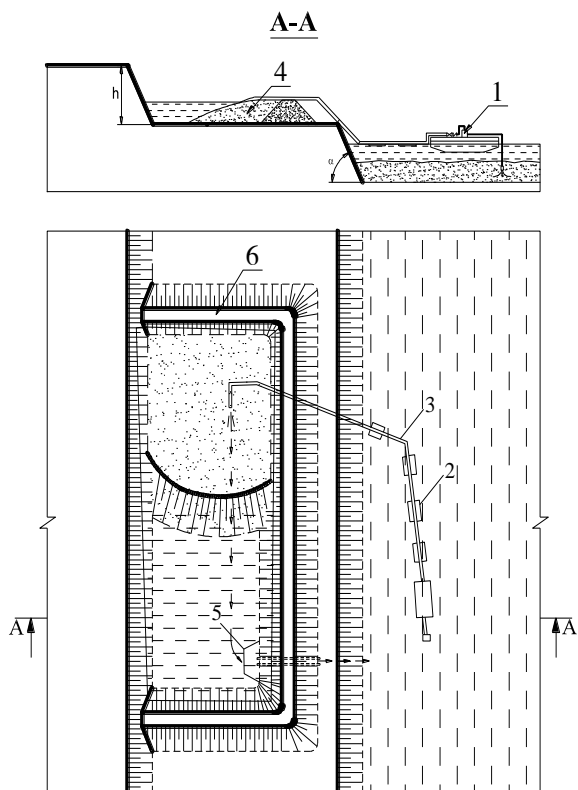
#### 4.3. Công nghệ xử lý bùn

Mỗi một loại hình công nghệ vét bùn sẽ phát huy hiệu quả tối đa nếu điều kiện các yếu tố tự nhiên tương thích với các đặc trưng và thông số kỹ thuật của các loại thiết bị trong dây chuyền công nghệ. Công tác vét bùn sau mỗi mùa mưa phải đảm bảo các yêu cầu là bùn dễ xử lý và vận chuyển, thời gian vét bùn đảm bảo cho công tác xuống sâu. Mặt khác, phải đảm bảo đáy mỏ khô ráo, không bị lầy lội để các thiết bị khai thác có thể thực hiện công tác xuống sâu một cách thuận lợi. Công nghệ vét bùn sau mỗi mùa mưa tại đáy moong các mỏ than lộ thiên thuộc TKV như sau:

Đối với các mỏ: Cao Sơn, Đèo Nai, Tây Nam Đá Mài, Núi Béo, Na Dương áp dụng công nghệ vét bùn bằng MXTLGN trong những năm tới, áp dụng công nghệ vét bùn bằng máy bơm bùn đặc khi khai trường được mở rộng, khối lượng bùn đất chảy vào đáy mỏ lớn (Hình 8). Với công nghệ này, phần bùn loãng được bơm lên hồ chứa bùn cải tạo từ bãi mìn, phần đất đá lẫn bùn phía dưới xúc trực tiếp bằng MXTLGN.

#### 4.4. Công nghệ bơm thoát nước

Có hai nguồn nước chính chảy vào mỏ là nước ngầm và nước mưa. Vì vậy, cần áp dụng các giải pháp hạn chế tối đa lượng nước mưa, nước mặt



Hình 8. Sơ đồ công nghệ bơm bùn lên bề lửng. (1- bơm bùn; 2- phao đỡ ống; 3- ống dẫn bùn; 4- bùn động trên bề lửng; 5- cửa xả nước; 6- đế bao bề lửng).

ngấm và chảy vào mỏ như: Hướng dòng nước mặt về các sông suối, các tầng trên mức thoát nước tự chảy đều phải tạo rãnh thoát nước hướng dòng chảy ra khỏi khai trường. Đồng thời trên, các tầng nằm dưới mức thoát nước tự chảy, tầng công tác làm rãnh tạm thời, tầng không công tác là rãnh cố định. Đối với các đường liên lạc, vận tải cần tạo rãnh thoát nước dọc đường,...

Kết hợp với các giải pháp trên, cần phải bơm cưỡng bức ra khỏi khai trường mỏ. Thực tế tại các mỏ thường khống chế một lượng nước nhất định ở đáy moong và duy trì bơm đến mức nước nhất định. Tức là tháng cuối mùa mưa phải bơm hết

lượng nước duy trì của các tháng trước đó và lượng nước chảy vào mỏ trong tháng.

Trong trường hợp này lưu lượng tính toán của trạm bơm được xác định theo công thức:

$$Q_{tb} = \frac{(Q_{mt} + Q_{nt} - Q_{bt} - Q_{dt}) + (Q_{mtc} + Q_{ntc} - Q_{btc} + Q_{dt})}{60T}, m^3/h(2)$$

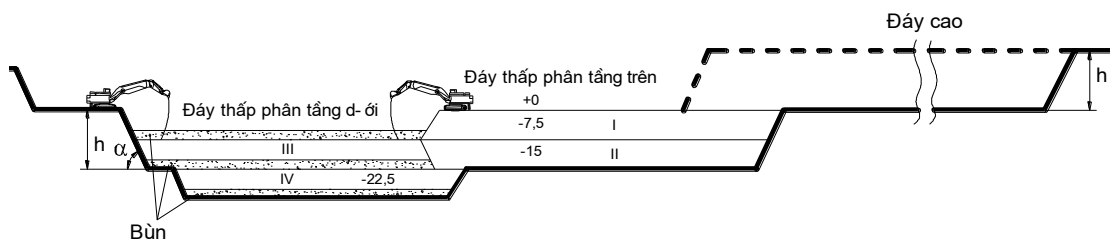
Trong đó:  $Q_{mt} + Q_{nt} - Q_{bt} - Q_{dt} = A$  - lưu lượng nước cần bơm trong tháng có lượng mưa lớn nhất,  $m^3$ ;  $Q_{mtc} + Q_{ntc} - Q_{btc} + Q_{dt} = B$  - lưu lượng nước cần bơm trong tháng cuối mùa mưa,  $m^3$ ;  $Q_{mt}$  - lượng nước mặt chảy xuống mỏ trong 1 tháng lớn nhất,  $m^3$ ;  $Q_{nt}$  - lượng nước ngầm chảy vào mỏ trong 1 tháng của tháng mưa lớn nhất,  $m^3$ ;  $Q_{bt}$  - lượng nước bốc hơi trong 1 tháng của tháng mưa lớn nhất,  $m^3$ ;  $Q_{dt}$  - lượng nước duy trì dưới đáy mỏ trong mùa mưa,  $m^3$ ;  $Q_{mtc}$  - lượng nước mặt chảy xuống mỏ trong tháng cuối mùa mưa,  $m^3$ ;  $Q_{ntc}$  - lượng nước ngầm chảy vào mỏ trong tháng cuối mùa mưa,  $m^3$ ;  $Q_{btc}$  - lượng nước bốc hơi của tháng cuối mùa mưa,  $m^3$ .

Trên cơ sở đó và diện tích trung bình của từng tầng đáy moong ta sẽ tính được chiều sâu nước ngập hay mức nước ngập duy trì trong mùa mưa của đáy moong. Với phương án này ngoài việc tính toán được lưu lượng nước cần bơm, số bơm cần thiết cho 1 trạm, còn tính được các chỉ tiêu khác như lượng nước duy trì dưới đáy moong và chiều sâu ngập nước trong mùa mưa.

#### 4.5. Công tác chuẩn bị tầng mới và đào sâu

Công nghệ đào sâu hợp lý tại các mỏ than lộ thiên có điều kiện phức tạp áp dụng công nghệ đào sâu đáy moong 2 cấp theo chiều dọc (ngang), đào sâu theo phân tầng khi chiều dài đáy mỏ lớn và công nghệ đào sâu đáy mỏ nghiêng khi chiều dài đáy mỏ hẹp với việc áp dụng MXTLGN (Đoàn Văn Thanh, 2017).

- Công nghệ đào sâu đáy moong 2 cấp, đào sâu theo phân tầng (Hình 9):



Hình 9. Sơ đồ đào sâu tầng chứa bùn có cấu tạo phân tầng (I, II,... thứ tự đào sâu phân tầng).

Mùa mưa tiến hành khai thác ở đáy cao, đáy thấp là nơi chứa bùn nước, đáy thấp của mỏ cần được chia làm 2 phần, bùn lắng đọng được treo cao và phơi khô, phần thấp là nơi chứa bùn loãng và nước. Tốc độ xuống sâu đạt từ 15÷20 m/năm. Công nghệ này áp dụng cho các mỏ có chiều dài theo đường phương > 500 m như mỏ Na Dương, Cao Sơn, Hà Tu.

- Công nghệ đào sâu sử dụng đáy mỏ 2 cấp theo chiều ngang

Đáy mỏ được chia thành 2 cấp theo chiều ngang, bùn đất và nước tập trung ở đáy thấp và được trải dài theo chiều dọc đáy mỏ, đầu mùa khô tiến hành đào sâu đáy cao, phơi khô bùn ở đáy thấp, cuối mùa khô tiến hành xúc bùn đi (Hình 10). Như vậy, với công nghệ này, tốc độ xuống sâu từ 12÷15 m/năm, áp dụng cho các mỏ có chiều dài vỉa lớn hoặc vỉa có dạng động tụ như: Mỏ Cọc Sáu, Đèo Nai, Tây Nam Đá Mài.

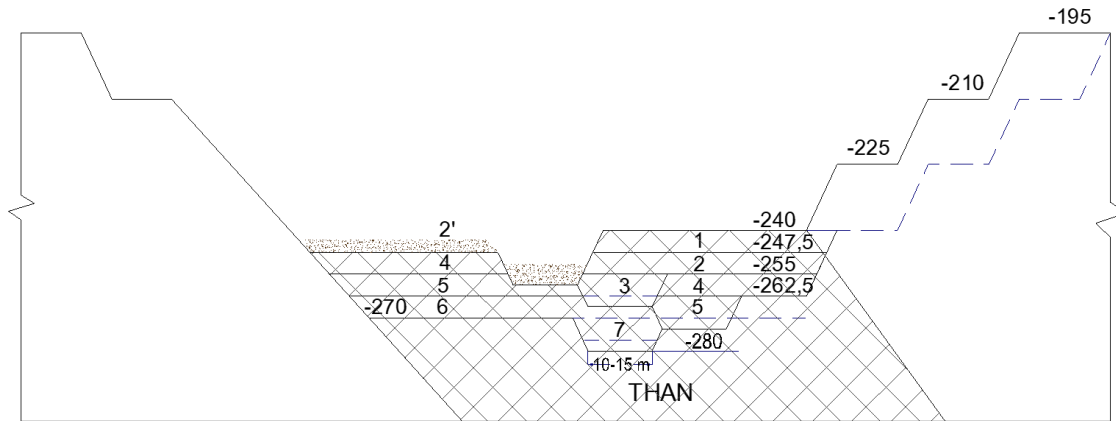
- Công nghệ đào sâu sử dụng đáy mỏ nghiêng

Đáy mỏ có độ dốc nghiêng từ 6÷8° về 2 bên. Phần nghiêng là hố tụ bùn nước của mỏ. Khu vực này gom bùn và thu hẹp diện ngập nước ở tầng sâu nhất để tranh thủ đào sâu phần cao đáy mỏ

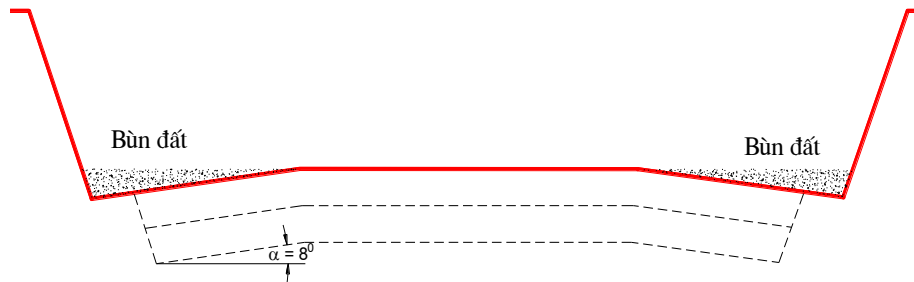
ngay từ đầu mùa khô, tăng thời gian và tốc độ đào sâu. Trong mùa mưa khai thác than ở những tầng trên cao. Công tác nạo vét bùn và chuẩn bị tầng mới được thực hiện trong thời gian mùa khô. Tuy nhiên, công nghệ này có nhược điểm là các thiết bị khai thác phải hoạt động trên bề mặt nghiêng, tăng áp lực nền và giảm năng suất, chiều dày bùn ở đáy hố tụ nước lớn khó xúc (Hình 11). Với công nghệ này, tốc độ xuống sâu từ 12 ÷ 15 m/năm, áp dụng cho các mỏ có chiều dài theo đường phương <500m như: Mỏ Khánh Hòa, Cọc Sáu, Sin Quyền (Đoàn Văn Thanh, 2017).

#### 4.6. Công tác vận tải

Theo quy hoạch, các mỏ than lộ thiên như: Đèo Nai, Cọc Sáu, Cao Sơn, Khánh Hòa,... sẽ khai thác xuống sâu đến mức -300÷-350 m, khối lượng đất đá bóc từ 20÷40 triệu m<sup>3</sup>/n, chiều cao nâng tải trên bờ mỏ từ 400÷500 m, cung độ từ 4÷7 km. Mỗi công nghệ vận tải đều có những ưu, nhược điểm riêng và phạm vi sử dụng khác nhau phụ thuộc kích thước hình học mỏ, năng suất yêu cầu, dạng khoáng sàng, chiều cao nâng tải, chiều dài vận tải. Phạm vi sử dụng các công nghệ vận tải tại các mỏ lộ thiên sâu được phân chia thành các vùng theo độ sâu (Hình 12) (Яковлев, 2018).



Hình 10. Sơ đồ nguyên lý của HTKT đáy mỏ 2 cấp theo chiều ngang (1,2,...7: trình tự đào sâu).



Hình 11. Sơ đồ công nghệ khai thác với đáy mỏ nghiêng.



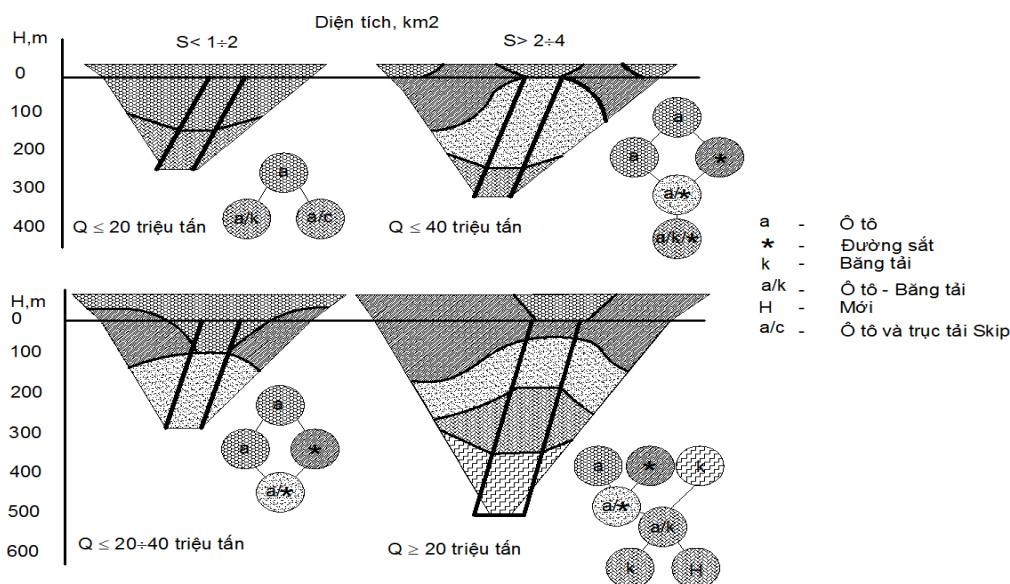
(i) Công nghệ vận tải liên hợp ô tô + băng tải dốc + băng tải thường kết hợp với máy nghiền: khi vận tải liên hợp ô tô - băng tải, ô tô nhận tải từ gương xúc vận chuyển tới tầng tập trung. Đất đá được đập nghiền tới kích thước yêu cầu và băng tải dốc sẽ vận chuyển nâng lên trên bề mặt, sau đó chuyển vào hệ thống băng tải thường và ra bãi thải. Băng thường có độ dốc lớn nhất  $\beta = 18^\circ$ ; Băng dốc có thể đặt vuông góc với tuyến tầng trên bờ mỏ  $\beta = 35^\circ-45^\circ$  (Hình 13).

(ii) Công nghệ vận tải đất đá bằng liên hợp ô tô bánh xích - ô tô thường: khi các mỏ khai thác xuống sâu, khối lượng vận tải tăng. Xu hướng chung là sử dụng đồng bộ máy xúc - ô tô lớn. Tuy nhiên, các tầng dưới sâu có kích thước hạn chế, đáy mỏ lầy lội, độ dốc đường vận tải lớn, nếu sử dụng ô tô thường có tải trọng lớn sẽ tăng khối

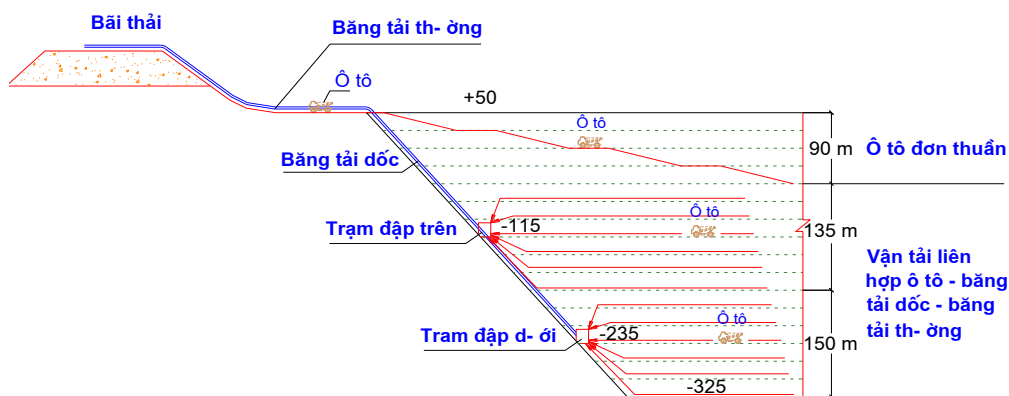
lượng đất bóc. Bên cạnh đó, thiết bị vận tải có tải trọng lớn làm việc kém hiệu quả khi đáy mỏ lầy lội, độ dốc tuyến đường lớn. Chính vì vậy, cần lựa chọn loại thiết bị vận tải phù hợp và xác định tải trọng ô tô hợp lý theo chiều sâu khai thác. Sơ đồ công nghệ vận tải liên hợp ô tô bánh xích-ô tô thường được thể hiện trên Hình 14.

Từ phân tích ở trên cho thấy, mỏ than Cao Sơn, Na Dương, có kích thước khai trường, công suất lớn, thời gian khai thác dài,... áp dụng Công nghệ vận tải liên hợp Ô tô-băng tải dốc- băng tải thường kết hợp với máy nghiền. Băng thường có độ dốc lớn nhất  $\beta = 18^\circ$ ; Băng dốc  $\beta = 30^\circ-35^\circ$ .

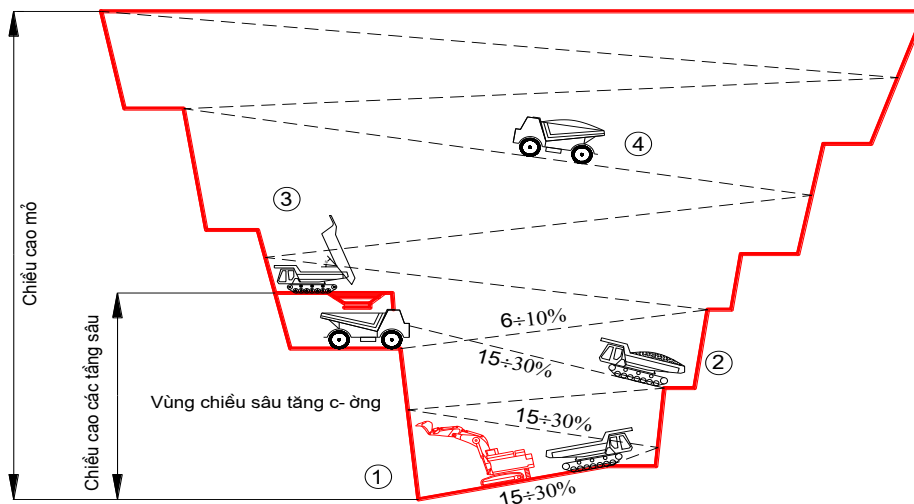
Mỏ Khánh Hòa, Sin Quyền có chiều cao bờ mỏ lớn từ 300-350 m, kích thước khai trường hẹp, nên áp dụng hình thức vận tải ô tô-trục tải. Các mỏ còn lại áp dụng hình thức vận tải ô tô đơn thuần.



Hình 12. Các vùng sử dụng hình thức vận tải hợp lý trong khai trường.



Hình 13. Sơ đồ công nghệ vận tải liên hợp ô tô - băng tải



Hình 14. Sơ đồ công nghệ vận tải liên hợp ô tô bánh xích - ô tô thường

1 - khu vực chất tải từ máy xúc vào ô tô bánh xích; 2 - vận chuyển bằng xe ô tô bánh xích trên độ dốc lên đến 30%; 3 - chất tải từ ô tô bánh xích vào ô tô thường; 4 - vận chuyển bằng ô tô thường ở độ dốc 6-10%

#### 4.7. Các giải pháp nâng cao mức độ an toàn khi khai thác các tầng sâu

Các yếu tố cơ bản có ảnh hưởng lớn đến độ ổn định của bờ mỏ lộ thiên khi khai thác xuống sâu đó là: điều kiện địa chất khu vực phức tạp, các đứt gãy kiến tạo làm xuất hiện nhiều mặt yếu và tạo điều kiện cho sự thâm nhập, phá hủy của nước ngầm; điều kiện địa chất thủy văn không thuận lợi (nhiều nước ngầm); chiều cao của bờ mỏ lớn và thời gian tồn tại dài. Để nâng cao độ ổn định bờ mỏ, cần nghiên cứu và áp dụng các giải pháp: gia cường khối đá bằng bê tông phun, xi măng hóa; neo bờ mỏ; khoan giảm áp; xây dựng hệ thống giám sát bờ mỏ.

Hệ thống quan trắc bờ mỏ bằng Radar là hệ thống hiện đại, có độ chính xác cao và làm việc liên tục không phụ thuộc vào điều kiện thời tiết khí hậu, có thể kịp thời phát hiện các dịch động bề mặt và đưa ra cảnh báo. Hệ thống này đã được áp dụng rộng rãi tại các mỏ lộ thiên lớn trên thế giới nên đảm bảo độ tin cậy cao và chứng minh được hiệu quả khi áp dụng. Hệ thống này đang được Viện KHCN mỏ - Vinacomin nghiên cứu và dự kiến đưa vào áp dụng thử nghiệm tại các mỏ lộ thiên Việt Nam trong thời gian tới (Hình 15).

#### 5. Kết luận

Hiện nay và những năm tới, các mỏ lộ thiên Việt Nam sẽ tăng cường độ khai thác. Càng xuống



Hình 15. Quan trắc bờ mỏ bằng hệ thống Radar.

sâu, công tác khai thác càng gặp nhiều khó khăn bất lợi. Chính vì vậy, cần nghiên cứu, áp dụng các giải pháp công nghệ khai thác phù hợp tại các tầng sâu như:

- Bờ mỏ: Áp dụng công nghệ khai thác dạng bờ lùi kết hợp với các giải pháp nâng cao ổn định bờ mỏ, lựa chọn, bố trí thiết bị phù hợp trên đời công tác;

- Công nghệ khai thác: Áp dụng công nghệ khoan nổ mìn tăng góc dốc sườn tầng, giảm chấn động, nạp thuốc nổ trong bao nylon, nạp nổ thuốc nhũ tương rời bằng xe chuyên dùng,...;

- Vét bùn: Áp dụng công nghệ vét bùn bằng máy bơm bùn đặc đối với phần bùn loãng phía trên, phần đất đá lẫn bùn phía dưới xúc trực tiếp bằng MXTLGN;

- Công nghệ vận tải: Áp dụng công nghệ vận tải liên hợp Ôtô-băng tải dốc-băng tải thường kết hợp với máy nghiền; công nghệ vận tải ô tô-trục tải; công nghệ vận tải ô tô thường - ô tô bánh xích;

- Công tác chuẩn bị tầng mới và đào sâu: Đào sâu đáy mỏ nghiêng, nhiều cấp, theo phân tầng phù hợp với thông số kỹ thuật của máy xúc thủy lực và đảm bảo sản lượng yêu cầu.

Trên cơ sở đó, lựa chọn trình tự khai thác tối đa tài nguyên, góp phần đảm bảo kế hoạch khai thác xuống sâu cho các mỏ lộ thiên Việt Nam.

### **Đóng góp của các tác giả**

Tác giả Đỗ Ngọc Tước hình thành ý tưởng, cấu trúc bài báo, hoàn thiện bản thảo cuối cùng. Tác giả Hồ Sĩ Giao tư vấn góp ý hình thành ý tưởng nghiên cứu, đọc bản thảo bài báo. Tác giả Đoàn Văn Thanh, Bùi Duy Nam tham gia hoàn thiện bản thảo bài báo.

### **Tài liệu tham khảo**

Đỗ Ngọc Tước, (2011). Nghiên cứu các giải pháp nhằm đáp ứng sản lượng, nâng cao hiệu quả và mức độ an toàn các mỏ than hầm lò, lộ thiên

công suất lớn khi khai thác xuống sâu. *Đề tài cấp Nhà nước*, Hà Nội, 249 trang.

Đoàn Văn Thanh, (2017). Nghiên cứu công nghệ vét bùn hợp lý cho các mỏ than lộ thiên vùng Quảng Ninh. *Đề tài cấp Bộ Công Thương*, Hà Nội, 145 trang.

H. Liu, (2015). Theory analysis and experiential reseach for time-rependent slope stability in surface mine. *China University of mining and technology*.

Тарасов П. И, Журалев А. Г, Фурин В. О, (2011). Обоснование технологических параметров углубочного комплекса. Институтгорногодела Уральского отделения РоссийскойАкадемиинаук, Москва - Россия, 424 с.

Яковлев В. Л., Яковлев В. А, (2018). *Формирование транспортных систем карьеров с учетом адаптации к изменяющимся условиям разработки глубокозалегающих сложноструктурных месторождений*. Институт горного дела УрО РАН (Россия, г. Екатеринбург, ул. Мамина-Сибиряка, 58).