

Research on selective sequence of appropriate mining technology for placer titanium mines in Binh Thuan province



Thao Qui Le ^{1,*}, Nam Xuan Bui ¹, Hieu Dinh Vu ², Hoa Thu Thi Le¹

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

² Vietnam Institute of Seas and Islands, Vietnam

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Article history:

Received 27th Aug. 2020

Accepted 26th Sept. 2020

Available online 10th Oct. 2020

Keywords:

Binh Thuan,
Mining technology,
Placer titanium mining.

Binh Thuan province has significant reserves of placer titanium, occupies approximately 92% total reserves of Vietnam. Geological condition of the deposit is quite uncomfortable for mining activities. At present, selection of appropriate mining technology for placer titanium mines in Binh Thuan province is a scientific and practical problem. In this paper, authors researched and developed a selective sequence of appropriate mining technology for placer titanium mines in Binh Thuan province, consists of (1) feasible mining technological schemes, (2) appropriate mining order, (3) possibility of providing water for mine, (4) ensuring slope stability, (5) comfortable alternatives for land rehabilitation and restoration, and (6) high economic effect. With this selective sequence, the appropriate mining technology for placer titanium mines in Binh Thuan province can be selected, and contributes to enhance mining effect, ensures safety and protect environment.

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

*Corresponding author

E - mail: lequithao@humg.edu.vn

DOI: 10.46326/JMES.KTLT2020.03



Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất

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



Nghiên cứu trình tự lựa chọn công nghệ khai thác phù hợp cho các mỏ titan sa khoáng ven biển tỉnh Bình Thuận

Lê Quý Thảo ^{1,*}, Bùi Xuân Nam ¹, Vũ Đình Hiếu ², Lê Thị Thu Hoa ¹

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

² Viện nghiên cứu Biển và Hải đảo, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO

Quá trình:

Nhận bài 27/8/2020

Chấp nhận 26/9/2020

Đăng online 10/10/2020

Từ khóa:

Bình Thuận,
Công nghệ khai thác,
Titan sa khoáng ven biển.

TÓM TẮT

Bình Thuận là tỉnh được đánh giá có tiềm năng titan sa khoáng ven biển lớn nhất cả nước với trữ lượng chiếm khoảng 92% trữ lượng titan sa khoáng ven biển Việt Nam. Điều kiện hình thành titan sa khoáng trong khu vực này rất khó khăn cho khai thác, đặc biệt hiện nay việc lựa chọn công nghệ khai thác phù hợp nhằm đảm bảo khai thác an toàn, đạt hiệu quả kinh tế cao, bảo vệ môi trường là vấn đề khoa học có tính cấp thiết đối với tỉnh Bình Thuận nói riêng và các địa phương có titan sa khoáng nói chung. Bài báo nghiên cứu và đề xuất trình tự lựa chọn công nghệ khai thác phù hợp cho các mỏ titan sa khoáng ven biển tỉnh Bình Thuận gồm các tiêu chí theo thứ tự sau: (1) Sơ đồ công nghệ khai thác khả thi; (2) Trình tự khai thác hợp lý; (3) Đảm bảo lượng nước cần thiết; (4) Đảm bảo ổn định bờ mỏ; (5) Phương án cải tạo và phục hồi môi trường thuận lợi và (6) Hiệu quả kinh tế cao.

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

1. Mở đầu

Titan sa khoáng là loại khoáng sản quan trọng, được sử dụng trong nhiều ngành công nghiệp khác nhau. Với trữ lượng khoảng 650 triệu tấn khoáng vật nặng (KVN), Việt Nam được đánh giá là một trong các quốc gia có tiềm năng titan sa khoáng trên thế giới (Bùi Tất Hợp, 2010; Trần Văn Thảo, 2010).

Ở Việt Nam, titan sa khoáng đã được tìm thấy dọc theo bờ biển kéo dài từ tỉnh Thanh Hoá tới tỉnh Bình Thuận. Các kết quả nghiên cứu, điều tra,

tìm kiếm thăm dò đã phát hiện và xác định quặng titan sa khoáng ven biển Việt Nam có giá trị công nghiệp phân bố trong các tầng trầm tích biển tuổi Pleistocen giữa đến muộn và các trầm tích biển (m), biển - gió (mv) tuổi Holocen giữa đến muộn, với chiều dài từ vài trăm m đến 20 km, rộng 25÷700 m, dày 0,5÷10 m (Bùi Tất Hợp, 2010; Trần Văn Thảo, 2010).

Trong số các địa phương có trữ lượng titan sa khoáng ven biển thì tỉnh Bình Thuận được xác định là tỉnh có tiềm năng nhất cả nước. Trữ lượng titan sa khoáng ở đây chủ yếu nằm trong tầng cát xám và tầng cát đỏ, được dự báo có trữ lượng khoảng 600 triệu tấn phân bố trên vùng đất rộng khoảng 1.137 km², chiếm khoảng 92% tổng trữ lượng tài nguyên quặng titan của Việt Nam. Đây là

*Tác giả liên hệ

E - mail: lequithao@humg.edu.vn

DOI: 10.46326/JMES.KTLT2020.03

khu vực được quy hoạch để khai thác, phát triển ngành công nghiệp titan sa khoáng tại nước ta (Quyết định số 1546/QĐ-TTg, 2013).

2. Hiện trạng công nghệ khai thác và Những vấn đề cấp thiết hiện nay đối với việc lựa chọn công nghệ khai thác hợp lý cho các mỏ titan sa khoáng ven biển Bình Thuận

2.1. Hiện trạng khai thác

Hiện nay, công nghệ khai thác phổ biến đang được áp dụng cho các mỏ titan sa khoáng ven biển Việt Nam hiện nay là công nghệ khai thác bao gồm 3 khâu chính (Hình 1): 1 - Moong khai thác; 2 - Bè bơm hút bùn cát; 3 - Ống hút; 4 - Neo định vị; 5 - Súng bắn nước; 6 - vít xoắn; 7-Phao nổi; 8 - Ống thải bùn quặng; 9 - Bãi thải cát; 10 - Thiết bị cơ giới san gạt quặng xuống moong khai thác): (i) khai thác, (ii) tuyển thô bằng vít xoắn và (iii) thải cát (Hồ Sĩ Giao và nnk, 2015).

2.1.1. Khâu khai thác

Do đặc điểm thành tạo của titan sa khoáng ven biển Việt Nam, các KVN chỉ chiếm phần rất nhỏ (khoảng 1%) (Trường Đại học Khoa học Tự Nhiên Khoa Địa Chất, 2018, Yingli LV et al, 2020). Vì vậy, khối lượng cát thải gần như là toàn bộ khối lượng quặng khai thác. Do đó công nghệ khai thác đang được áp dụng tại các mỏ sa khoáng Việt Nam chủ yếu bằng sức nước với các bước cơ bản sau:

+ Chuẩn bị diện khai thác đầu tiên nhỏ nhất đảm bảo cung cấp nước đầy đủ nước trong cả mùa khô và mùa mưa. Moong nước dự trữ thường được đào và đắp trước khi tiến hành mở moong khai thác.

+ Đào các moong khai thác chứa nước đảm bảo cho thiết bị khai thác hoạt động.

+ Thiết bị khai thác gồm: Bè hút cát, trạm tuyển thô (được đặt trên bờ hoặc dưới moong khai thác trên bè), súng bắn nước hỗ trợ cho việc khai thác, máy xúc hoặc máy ủi san gạt hỗ trợ cho

việc đưa quặng vào moong khai thác và dọn bề mặt.

2.1.2. Khâu tuyển thô bằng vít xoắn

Khâu tuyển quặng hiện tại đang được sử dụng là hệ thống vít xoắn tuyển trọng lực. Khâu tuyển cơ bản gồm 3 công đoạn tuyển chính: tuyển thô, tuyển trung gian và tuyển tinh. Sau khi tuyển, KVN được thu hồi và đưa về khu chứa. Cát thải được thải trực tiếp ra phía sau khu vực moong đã khai thác hay khu vực không chứa quặng.

2.1.3. Khâu thải cát

Việc thải cát theo hình thức đổ thải vào khu vực đã khai thác được áp dụng hầu hết cho các mỏ khai thác titan sa khoáng tại ven biển Việt Nam. Khối lượng cát thải gần bằng hoàn toàn khối lượng khai thác; khai thác đến đâu, hoàn nguyên bề mặt khu vực đã khai thác tới đó.

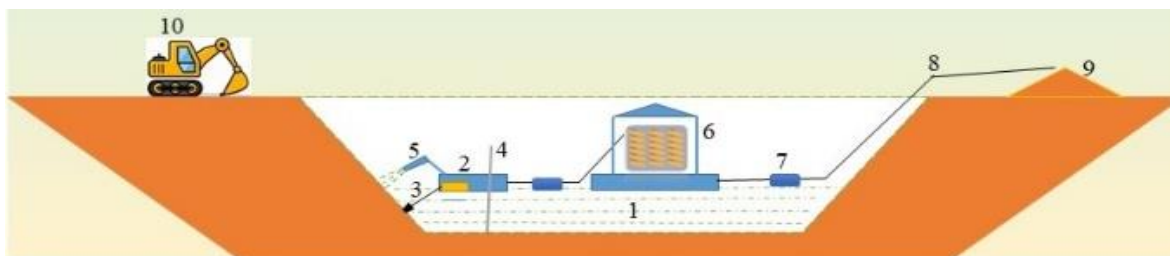
Công tác thải phải đảm bảo lượng cát thải không chảy vào gương khai thác, không đổ thải trồng lẫn lên khu vực chưa hoặc sắp khai thác.

2.2. Những vấn đề cấp thiết hiện nay đối với việc lựa chọn công nghệ khai thác hợp lý cho các mỏ titan sa khoáng ven biển Bình Thuận

Hiện nay, việc lựa chọn công nghệ khai thác tại các mỏ còn mang tính kinh nghiệm, công nghệ khai thác, thiết kế khai thác tương tự nhau đối với các điều kiện thành tạo khác nhau trong trầm tích Holocen và Pleistocen. Do đó khi tiến hành khai thác, các mỏ này đều phát sinh rất nhiều vấn đề, dẫn đến một số mỏ phải tạm dừng khai thác, bởi một số nguyên nhân sau:

2.2.1. Không phù hợp với điều kiện địa chất và địa chất thủy văn (ĐCTV)

Trong tầng Holocen, thông thường chiều dày tầng quặng không lớn (<10 m), tuy nhiên, ngay trong tầng khai thác này cũng có những khu vực có chiều dày thân quặng lên tới 20 m,... dẫn đến



Hình 1. Sơ đồ minh họa công nghệ khai thác titan sa khoáng ven biển Việt Nam.

việc khai thác bằng những công nghệ đã chọn sẽ tiềm ẩn nguy cơ mất an toàn trong sản xuất.

Trong tầng Pleistocen, thường có chiều dày thân quặng lớn tới 100 m; điều kiện ĐCTV (cả nước mặt và nước ngầm) không thuận lợi; việc lựa chọn công nghệ khai thác khó khăn trong việc cấp nước cho khai thác, tuyển thô và thải cát.

2.2.2. Không đáp ứng sản lượng khai thác và gây tổn thất tài nguyên khoáng sản

Việc lựa chọn công nghệ khai thác còn chưa hợp lý dẫn tới thực tế là các mỏ không đáp ứng được sản lượng, hầu hết các mỏ titan sa khoáng ven biển hiện nay của Việt Nam đều khai thác thấp hơn sản lượng thiết kế (Sở tài nguyên các tỉnh Bình Định, Ninh Thuận, Quảng Bình, Bình Thuận, 2018). Một trong những nguyên nhân chủ yếu chính là do các mỏ sử dụng công nghệ khai thác chưa hợp lý, gây tổn thất lớn tài nguyên khoáng sản.

2.2.3. Trình tự khai thác, thải cát và phục hồi môi trường chưa hợp lý

Trình tự khai thác, thải cát và cải tạo, phục hồi môi trường hợp lý là điều rất quan trọng đối với khai thác titan sa khoáng ven biển, đặc biệt trong tầng cát đỏ Pleistocen. Hiện tại chưa có mỏ nào khai thác hết được thân quặng có chiều dày lớn 80÷100 m. Trình tự khai thác xuống sâu chưa được đề cập chi tiết trong các công nghệ khai thác, phần dưới sâu có nơi còn bị bỏ lại, dẫn tới tổn thất tài nguyên khoáng sản rất lớn.

2.2.4. Chưa đảm bảo an toàn, đặc biệt là ổn định bờ mỏ

Trong quá trình khai thác, các mỏ titan sa khoáng Việt Nam vẫn thường xuyên xảy ra nguy cơ mất an toàn do bị sạt lở tầng và bờ mỏ. Khi khai thác thân quặng có chiều dày lớn, hiện tượng này vẫn xảy ra ở hầu hết các mỏ titan sa khoáng khu vực Bình Thuận.

2.2.5. Chưa hiệu quả trong việc khai thác và phát triển bền vững

Mặc dù tiến hành từ những thập niên 1990 đến nay, tuy nhiên, ngành khai thác titan sa khoáng cũng như chế biến sâu của Việt Nam chưa thực sự bền vững; công tác khai thác càng ngày càng trở nên khó khăn bởi tác động từ việc khai thác tới môi trường; áp lực của giá thành sản phẩm, cân bằng giữa môi trường, xã hội với phát

triển kinh tế,... trong đó một có lý do khách quan là chưa sử dụng công nghệ khai thác hợp lý.

3. Nghiên cứu trình tự lựa chọn công nghệ khai thác phù hợp

Các tiêu chí lựa chọn công nghệ khai thác phù hợp cho các mỏ quặng titan sa khoáng ven biển tỉnh Bình Thuận được các tác giả nghiên cứu, đề xuất thực hiện theo trình tự sau: (1) Sơ đồ công nghệ khai thác khả thi; (2) Trình tự khai thác hợp lý; (3) Đảm bảo lượng nước cần thiết; (4) Đảm bảo ổn định bờ mỏ; (5) Phương án cải tạo và phục hồi môi trường thuận lợi và (6) Hiệu quả kinh tế cao.

3.1. Các sơ đồ công nghệ khai thác khả thi

Các sơ đồ công nghệ khai thác titan sa khoáng ven biển khả thi có thể áp dụng cho tỉnh Bình Thuận, được dựa trên đồng bộ thiết bị sử dụng trong dây chuyền công nghệ là khấu cát quặng - vận tải cát quặng - tuyển thô - thải cát (Hồ Sĩ Giao và nnk, 2015), bao gồm (1) Máy xúc khấu quặng, vận tải ô tô, tuyển vít xoắn, thải bằng bơm bùn; (2) Máy xúc khấu quặng, vận tải ô tô, tuyển vít xoắn, thải bằng máy ủi; (3) Súng bắn nước làm tơi quặng, hút và vận tải quặng bằng bơm bùn, tuyển vít xoắn, thải bằng bơm bùn; (4) Súng bắn nước làm tơi quặng, hút và vận tải quặng bằng bơm bùn, tuyển vít xoắn, thải bằng máy ủi; (5) Bơm hút quặng trực tiếp, tuyển vít xoắn, thải bằng bơm bùn; (6) Bơm hút quặng trực tiếp, tuyển vít xoắn, thải bằng máy ủi; (7) Tàu hút khấu quặng, vận tải bằng bơm bùn, tuyển vít xoắn, thải bằng bơm bùn; (8) Tàu hút khấu quặng, vận tải bằng bơm bùn, tuyển vít xoắn, thải bằng máy ủi; (9) Khấu quặng bằng máy xúc nhiều gầu, vận tải bằng băng tải hoặc cầu băng tải, tuyển vít xoắn, thải cát bằng băng tải.

Trên cơ sở phân tích nghiên cứu công nghệ khai thác khả thi cho các mỏ titan sa khoáng ven biển Việt Nam gồm 3 sơ đồ:

- Sơ đồ 1: Công nghệ khai thác dùng máy xúc khấu quặng, vận tải ô tô, tuyển vít xoắn, thải bằng bơm bùn: 1 - khai trường; 2 - MXTLGN; 3 - ô tô; 4 - bunke có trang bị sàng lọc rác bẩn; 5 - hố bơm bùn; 6 - trạm tuyển vít xoắn; 7 - ống dẫn bùn thải; 8 - phần bãi thải đã được lấp đầy; 9 - phần bãi thải chưa sử dụng; 10 - giếng lọc nước; 11 - trạm bơm nước tuần hoàn; 12 - ống dẫn nước tuần hoàn) (Sơ đồ nguyên lý tại Hình 2; sơ đồ công nghệ, xem

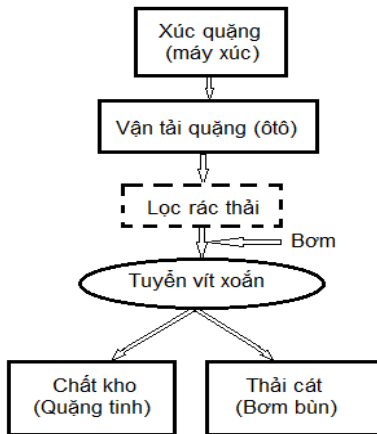
Hình 3);

- Sơ đồ 3: Công nghệ khai thác dùng súng bắn nước làm tơi quặng, hút và vận tải quặng bằng bơm bùn, tuyến vít xoắn, thải bằng bơm bùn: 1 - súng bắn nước; 2 - trạm vít xoắn; 3 - hố bơm bùn quặng cấp cho tuyến; 4 - ống dẫn nước; 5 - trạm bơm nước tuần hoàn; 6 - ống dẫn nước từ giếng lọc; 7 - ống cấp nước cao áp cho súng bắn nước; 8 - giếng lọc nước bãi thải; 9 - bãi thải tạm của khoảnh khai thác đầu tiên; 10 - ống dẫn bùn thải; 11 - bãi thải trong; 12 - hố bơm bùn quặng trong khai trường; 13 - bơm bùn quặng lên hố cấp liệu cho vít xoắn; 14 - moong khai thác; 15 - thứ tự khai thác các khoảnh; 16 - hồ chứa nước tuần hoàn) (Sơ đồ nguyên lý, xem Hình 4; sơ đồ công nghệ, xem Hình 5);

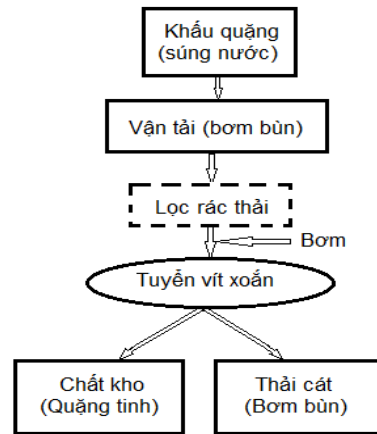
xem Hình 5);

- Sơ đồ 5: Công nghệ khai thác dùng bơm hút quặng trực tiếp, tuyến vít xoắn, thải bằng bơm bùn: 1 - moong khai thác; 2 - bè hút; 3 - súng bắn nước (nếu cần); 4 - ống dẫn cát quặng; 5 - trạm vít xoắn; 6 - phao nổi; 7 - đường ống dẫn cát thải; 8 - bãi thải trong; 9 - neo cố định trạm vít xoắn; 10 - hố nước dự trữ; 11 - bơm cấp nước bổ sung; 12 - đường ống dẫn nước bổ sung; 13 - khoảnh khai thác tiếp theo) (Sơ đồ nguyên lý, xem Hình 6; sơ đồ công nghệ, xem Hình 7).

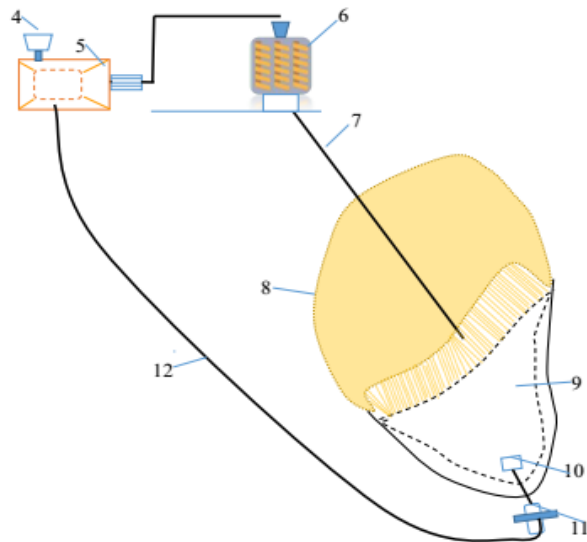
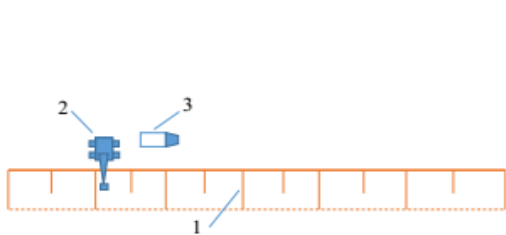
Trong đó, sơ đồ 3 và 5 được dùng phổ biến hơn sơ đồ 1, đặc biệt đối với các mỏ có quy mô lớn, nằm trong khu vực có điều kiện địa chất thủy văn thuận lợi, chiều dày thân quặng lớn.



Hình 2. Sơ đồ nguyên lý công nghệ khai thác dùng máy xúc khấu quặng, vận tải ô tô, tuyến vít xoắn, thải bằng bơm bùn.



Hình 4. Sơ đồ nguyên lý công nghệ khai thác dùng súng bắn nước làm tơi quặng, hút và vận tải quặng bằng bơm bùn, tuyến vít xoắn, thải bằng bơm bùn.



Hình 3. Sơ đồ công nghệ khai thác dùng máy xúc khấu quặng, vận tải ô tô, tuyến vít xoắn, thải bằng bơm bùn (sử dụng nước tuần hoàn)

3.2. Xác định trình tự khai thác hợp lý

Xác định trình tự khai thác hợp lý trong khai thác lộ thiên nói chung và khai thác các mỏ quặng titan sa khoáng ven biển tỉnh Bình Thuận nói riêng là hết sức quan trọng. Điều này không chỉ đảm bảo cho mỏ hoạt động hiệu quả, an toàn mà còn tạo điều kiện thuận lợi cho mỏ thực hiện việc thải cát, cải tạo và phục hồi môi trường hiệu quả, góp phần bảo vệ môi trường bền vững.

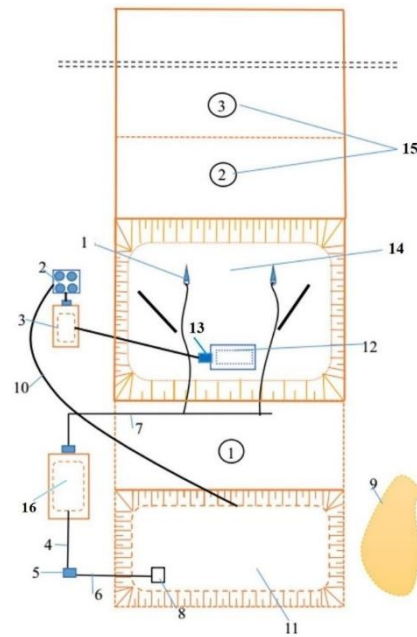
3.2.1. Mục đích của việc chia khoảnh khai thác

Với đặc điểm công nghệ khai thác bằng sức nước đối với quặng sa khoáng ven biển là đổ thải bãi thải trong, do đó bề mặt địa hình sau khi kết thúc khai thác gần như nguyên trạng ban đầu. Quá trình khai thác đến đâu hết đến đó (hay gọi là khai thác cuốn chiếu) nhất thiết phải tiến hành chia mỏ ra thành các khoảnh với mục đích khai thác triệt để khoáng sản và theo một trình tự nhất định. Việc tiến hành chia khoảnh khai thác là căn cứ xây dựng hệ thống khai thác và cũng như là căn cứ để tính toán các thông số kỹ thuật.

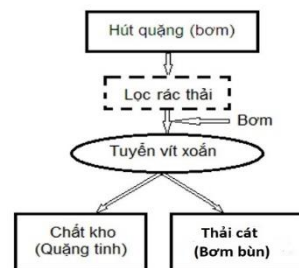
3.2.2. Các yếu tố ảnh hưởng tới việc chia khoảnh

Việc khảo sát địa hình ban đầu là rất cần thiết cho việc chia khoảnh và trật tự tiến hành khai thác các khoảnh theo thời gian, hướng phát triển khai thác. Khoảnh khai thác được chia phụ thuộc vào một số yếu tố cơ bản sau:

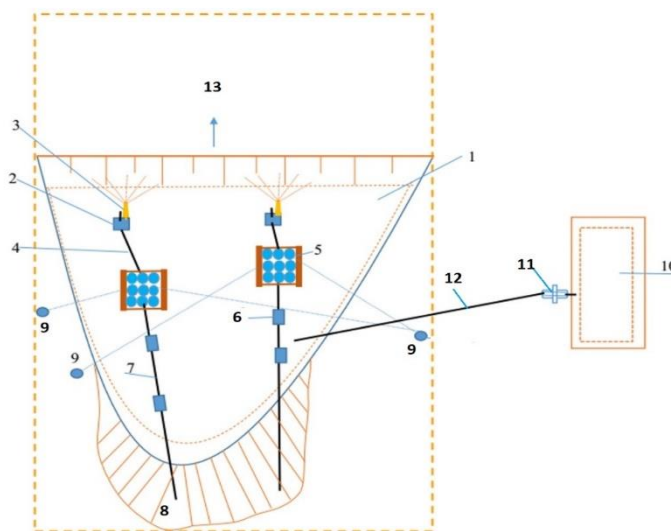
1. Địa hình khu vực và các yếu tố xã hội



Hình 5. Sơ đồ công nghệ khai thác dùng súng bắn nước làm tơi quặng, hút và vận tải quặng bằng bơm bùn, tuyến vít xoắn, thải bằng bơm bùn.



Hình 6. Sơ đồ nguyên lý công nghệ khai thác dùng bơm hút quặng trực tiếp, tuyến vít xoắn thải bằng bơm bùn.



Hình 7. Sơ đồ công nghệ khai thác dùng bơm hút quặng trực tiếp, tuyến vít xoắn (đặt trong moong khai thác), thải bằng bơm bùn.

- Đối với khu vực có dân cư diện khai thác phải đền bù lớn, khu vực có các công trình cần bảo vệ, việc lựa chọn khoảnh khai thác và hướng khai thác phù hợp là rất quan trọng trong giai đoạn đầu khi phải đầu tư vốn lớn (Hình 8).

- Khai thác quặng sa khoáng yêu cầu một lượng nước tuần hoàn lớn phục vụ khai thác và tuyển vì vậy việc chia khoảnh khai thác là rất quan trọng đảm bảo cho việc dự trữ nước trong quá trình khai thác. Đặc biệt, khi trong biên giới khai thác có sự chênh lệch địa hình lớn thì việc phân khoảnh khai thác là rất quan trọng và khoảnh khai thác đầu tiên thường bố trí ở khu vực cao nhất và sẽ được khai thác dần xuống các khoảnh ở vị trí thấp hơn (Hình 9).

2. Diện tích khoảnh khai thác

Sản lượng năm của mỏ hay số lượng thiết bị được bố trí trên các khoảnh khai thác là yếu tố quan trọng để xác định kích thước cũng như quy mô của một khoảnh khai thác. Có thể xác định kích thước một khoảnh khai thác với mối quan hệ với sản lượng mỏ theo công thức sau:

$$S = A_m / H, m^3/năm \tag{1}$$

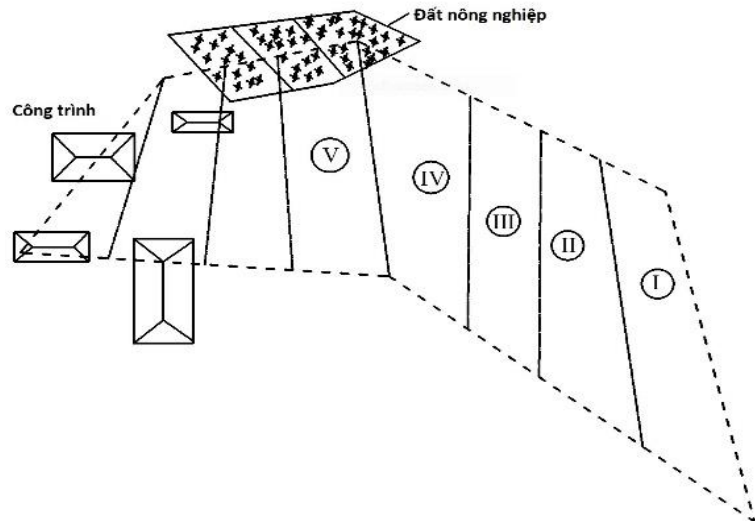
Trong đó: S - diện tích khoảnh khai thác trong 1 năm, m²/năm; H - chiều dày trung bình của lớp cát quặng đảm bảo cho hoạt động khai thác của mỏ được diễn ra thuận lợi, m; A_m - sản lượng cát quặng hàng năm của mỏ, m³/năm.

3.2.3. Xác định trình tự khai thác các khoảnh

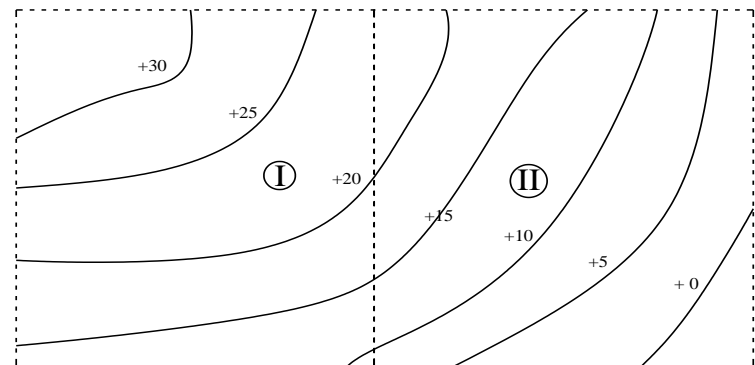
Khi khai thác quặng titan sa khoáng trong trầm tích Holocen và Pleistocen, để giảm thiểu tổn thất khi khai thác cũng như thuận lợi cho việc cải tạo và phục hồi môi trường sau khai thác, thì trình tự khai thác các khoảnh cần được tiến hành theo nối tiếp nhau, theo địa hình từ cao xuống thấp để tiết kiệm nước tối đa.

1. Khoảnh dọc

Tùy thuộc vào sản lượng khai thác, điều kiện địa hình, đặc điểm hình thành thân quặng, yêu cầu



Hình 8. Khoảnh khai thác ban đầu phụ thuộc vào điều kiện xã hội.



Hình 9. Trình tự khoảnh khai thác được bố trí theo địa hình khu vực. I, II, III,...- Trình tự khoảnh khai thác.

thải cát và phục hồi môi trường, mà hướng khai thác của mỏ có thể được tiến hành lần lượt cho các khoảnh theo trục dài của mỏ, từ khoảnh đầu tiên đến khoảnh cuối cùng khi kết thúc mỏ (Hình 10).

2. Khoảnh ngang

Tùy thuộc vào sản lượng khai thác, điều kiện địa hình, đặc điểm hình thành thân quặng, yêu cầu thải cát và phục hồi môi trường, mà hướng khai thác của mỏ có thể được tiến hành lần lượt cho các khoảnh theo phương ngang của mỏ, từ khoảnh khai thác đầu tiên cho tới khoảnh khai thác cuối cùng (Hình 11).

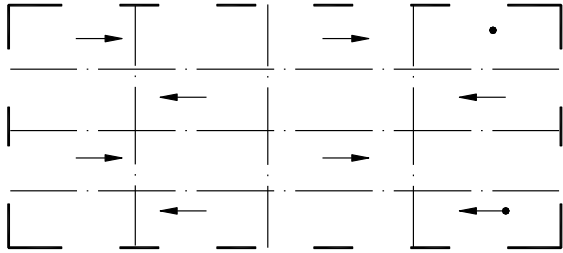
3. Khoảnh hình rẽ quạt

Với những khoáng sản có biên giới có nhiều góc cạnh, mỏ được khai thác theo các khoảnh hình rẽ quạt (Hình 12).

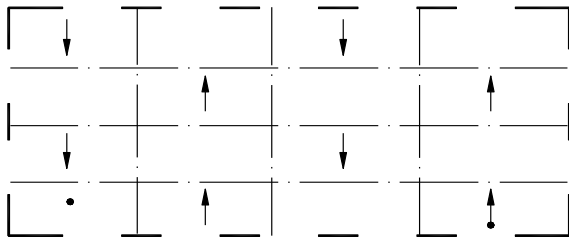
3.3. Xác định lượng nước cần thiết cho mỏ

3.3.1. Xác định tốc độ thấm thấu nước của quặng titan sa khoáng

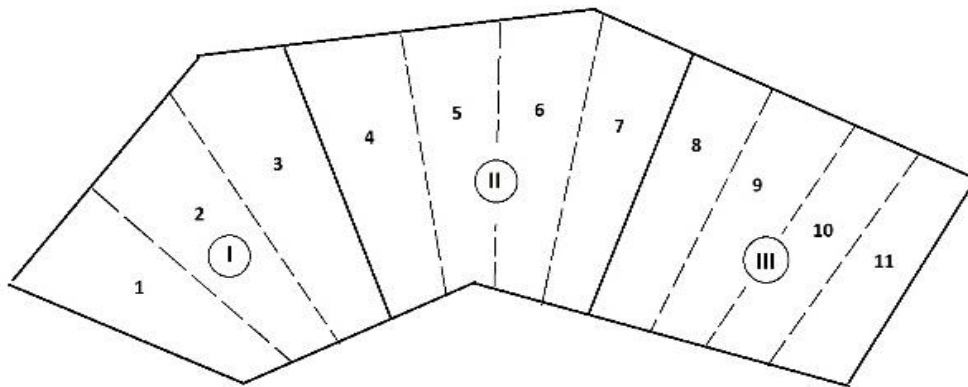
Các tác giả tiến hành thí nghiệm xác định tốc độ thấm thấu nước của quặng titan sa khoáng có hàm lượng sét khác nhau (5%, 10%, 15% và 20%)



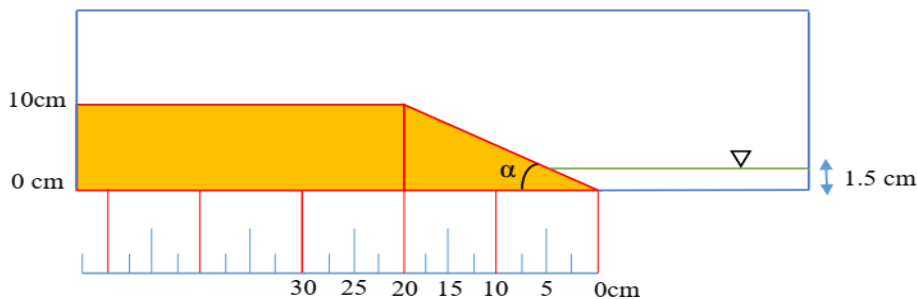
Hình 10. Hướng phát khai thác các khoảng theo trục dài của mỏ.



Hình 11. Hướng khai thác các khoảng theo trục ngang của mỏ



Hình 12. Phân khoảng khai thác theo hình rẻ quạt.



Hình 13. Mô hình thí nghiệm xác định tốc độ thấm thấu nước của quặng.

trong 2 trường hợp: (i) quặng khô và (ii) quặng ẩm (độ ẩm 0%, 15% và 30%).

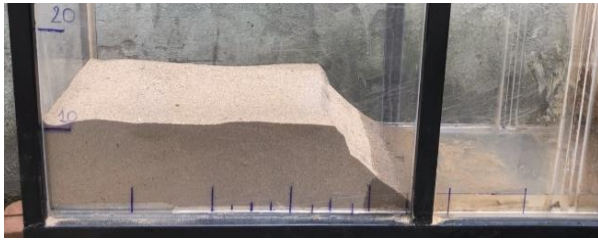
Mô hình thí nghiệm (Hình 13) được các tác giả thiết kế, lắp đặt để triển khai thực nghiệm thực tế (Hình 14).

Kích thước của mô hình thân quặng bao gồm: chiều dài trung bình của tầng quặng là 40 cm và chiều cao tầng quặng là 10 cm (mô hình tương đương: 1 cm trong mô hình tương đương 1 m ngoài thực địa). Tiến hành đổ nước vào đáy mỏ (với chiều dày lớp nước 1,5 cm), quan sát nước thấm thấu tới các mốc đo khoảng cách theo phương nằm ngang (tính bằng cm) và bấm thời gian (tính bằng giây), thống kê các giá trị nhận được theo các bảng số liệu: xác định tốc độ thấm thấu nước của quặng có hàm lượng sét 5%; mối quan hệ giữa tốc độ thấm thấu trung bình của quặng trong trạng thái khô với hàm lượng sét khác nhau; mối quan hệ giữa tốc độ thấm thấu trung bình của quặng trong trạng thái ẩm 15% với hàm lượng sét khác nhau.

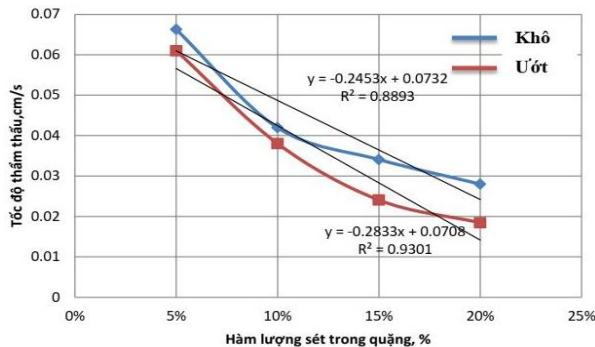
Từ số liệu ở các bảng trên, xây dựng được đồ thị thể hiện mối quan hệ giữa hàm lượng sét trong quặng với tốc độ thấm thấu nước của quặng (Hình 15).

3.3.2. Xác định lượng nước cần thiết và tỷ lệ thu hồi nước khi khai thác

Trong khai thác dùng công nghệ khai thác khô hay công nghệ khai thác ướt đều phải sử dụng nước để biến quặng titan sa khoáng thành dòng bùn quặng để vận chuyển chúng tới bè tuyển vít xoắn. Lượng nước cần thiết trong năm của mỏ titan sa khoáng ven biển tỉnh Bình Thuận đảm bảo sản lượng khai thác yêu cầu có thể được xác định theo công thức sau (Hồ Sĩ Giao và nnk, 2015):



Hình 14. Thực nghiệm xác định tốc độ thấm nước của quặng



Hình 15. Mối quan hệ giữa hàm lượng sét trong quặng với tốc độ thấm nước của quặng ở trạng thái khô và ẩm 15%.

$$Q = A_q \cdot q \cdot [1 + (100\% - K_{th})], m^3/năm \quad (2)$$

Trong đó: A_q - sản lượng cát quặng khai thác trong 1 năm, $m^3/năm$; q - chỉ tiêu tiêu hao nước khi khai thác, m^3/m^3 ; K_{th} - tỷ lệ thu hồi nước, %.

Theo điều kiện khai thác, thực tế thu hồi nước tại các mỏ khác nhau theo mùa. Trong mùa mưa, có thể thu hồi tới 80÷90% lượng nước dùng trong khai thác, còn mùa khô chỉ thu hồi được 40÷50%.

Trong quá trình đi thực địa và tiến hành các thí nghiệm, các tác giả nhận thấy: lượng nước mất chủ yếu là do khai thác trong quặng khô. Lượng nước này chủ yếu tổn thất do bị thấm thấu vào quặng khô, bị giữ lại trong quặng là chính, ở bãi thải không lớn, chỉ có một lượng rất nhỏ trên bề mặt bị mất mát do bay hơi. Tuy nhiên, khi sét chiếm từ 10% hàm lượng của quặng thì quá trình thấm thấu và ngăn nước là rất lớn. Khi đó tỷ lệ thu hồi nước trong quá trình khai thác phụ thuộc vào hàm lượng sét có trong quặng, cũng như độ ẩm của quặng.

Các tác giả đã tiến hành thí nghiệm để xác định tỷ lệ thu hồi nước của quặng titan với hàm lượng sét 5%, 10%, 15% và 20% ở trạng thái khô (độ ẩm 0%) và trạng thái ẩm (độ ẩm 15% và 30%).

Mối quan hệ giữa tỷ lệ thu hồi nước của quặng có hàm lượng sét thay đổi (5%, 10%, 15% và 20%) với sự thay đổi độ ẩm của quặng (0%, 15%, 30%) được thể hiện qua các Hình 16÷19.

3.3.3. Xác định chỉ tiêu tiêu hao nước của các sơ đồ công nghệ khai thác titan sa khoáng ven biển Việt Nam

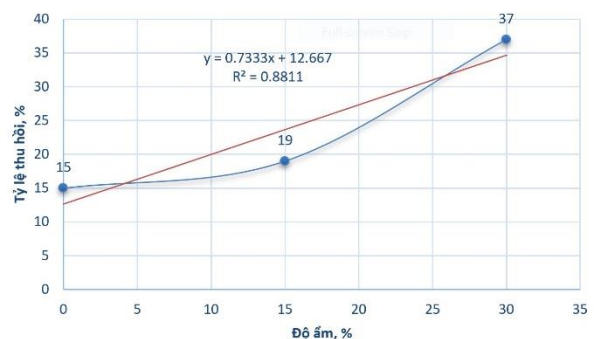
Trong các sơ đồ công nghệ khai thác khả thi cho các mỏ quặng titan sa khoáng ven biển Việt Nam, hầu như tất cả các khâu của sơ đồ 3 và 5, đều phải dùng đến sức nước.

Khối lượng nước cần thiết để duy trì các hoạt động của mỏ phụ thuộc vào nhiều yếu tố như hàm lượng sét có trong quặng, độ ẩm của quặng, tỷ lệ thu hồi nước trong quá trình khai thác, sản lượng của mỏ,... Từ thực tế sử dụng nước hiện nay tại các mỏ titan sa khoáng ven biển tỉnh Bình Thuận, các tác giả đã thống kê, nội suy và xác định được chỉ tiêu tiêu hao nước thực tế của các mỏ khi khai thác theo các sơ đồ công nghệ 1, 3 và 5 tương ứng là $q_1 = 1,35 m^3/m^3$, $q_3 = 1,63 m^3/m^3$ và $q_5 = 1,94 m^3/m^3$.

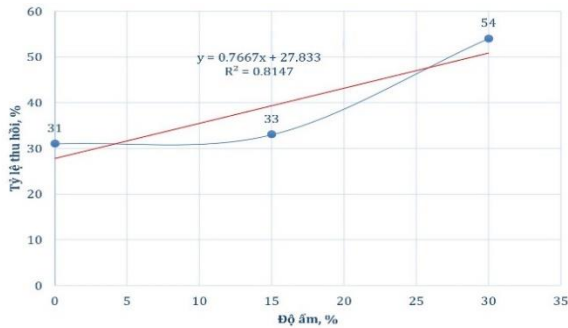
3.4. Đánh giá độ ổn định bờ mỏ quặng

Như đã trình bày ở trên, các khoáng sàng titan sa khoáng ven biển tỉnh Bình Thuận chủ yếu nằm trong tầng cát, chiều sâu khai thác 40÷90 m, từ đó tạo ra các moong khai thác có chiều sâu phụ thuộc vào chiều dày thân quặng. Như vậy, để đảm bảo an toàn về trượt lở bờ moong trong khai thác thì việc thiết lập mối quan hệ giữa góc nghiêng bờ mỏ, chiều cao bờ moong với hệ số ổn định trên cơ sở tính chất cơ lý của tầng quặng là rất cần thiết.

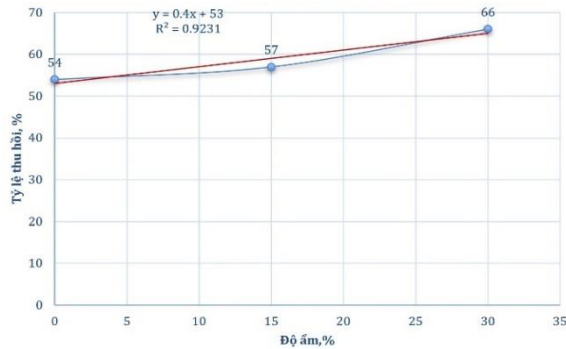
3.4.1. Phân tích các yếu tố ảnh hưởng đến độ ổn định bờ mỏ



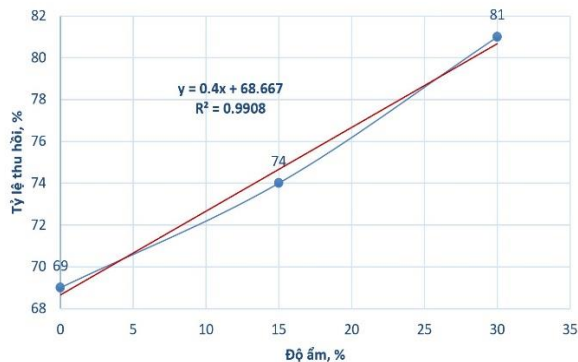
Hình 16. Mối quan hệ giữa tỷ lệ thu hồi nước của quặng có hàm lượng sét 5% với sự thay đổi độ ẩm của quặng (0%, 15%, 30%).



Hình 17. Mối quan hệ giữa tỷ lệ thu hồi nước của quặng có hàm lượng sét 10% với sự thay đổi độ ẩm của quặng (0%, 15%, 30%).



Hình 18. Mối quan hệ giữa tỷ lệ thu hồi nước của quặng có hàm lượng sét 15% với sự thay đổi độ ẩm của quặng (0%, 15%, 30%).



Hình 19. Mối quan hệ giữa tỷ lệ thu hồi nước của quặng có hàm lượng sét 20% với sự thay đổi độ ẩm của quặng (0%, 15%, 30%).

Khoáng sản titan sa khoáng ven biển tỉnh Bình Thuận nằm trong tầng cát có độ bền yếu, chiều cao bờ mỏ lớn nên khi khai thác nguy cơ xảy ra trượt lở rất cao. Những nhân tố làm tăng ứng suất gây trượt hoặc làm giảm độ bền cắt bao gồm: trạng thái ứng suất, mực nước ngầm, thông số hình học bờ mỏ và phương pháp khai thác (Hình 20).

3.4.2. Nghiên cứu mối quan hệ giữa hệ số ổn định bờ mỏ với góc dốc bờ mỏ

Do độ phức tạp của các yếu tố ảnh hưởng đến xác định độ ổn định cho bờ mỏ như nước ngầm, phương pháp đánh giá, vị trí mặt trượt. Các tác giả sử dụng phần mềm Slope/W của hãng Geoslope trợ giúp trong việc xác định độ ổn định bờ mỏ (Jonny Sjöberg, 1996).

Trong quá trình khai thác quặng titan để lại các moong khai thác có chiều cao bờ lớn (có khi tới 90 m tại khu vực Bình Thuận). Với chiều cao này, bờ mỏ sẽ có nguy cơ mất ổn định rất cao. Các thông số đầu vào được đưa vào phần mềm tính toán bao gồm: tính chất cơ lý đất đá (trọng lượng cát quặng, góc ma sát trong, lực dính kết) và đường cao trình mực nước ngầm được thể hiện như trong Hình 21.

Từ sự thay đổi góc dốc bờ mỏ, các tác giả xác định được các giá trị độ ổn định tương ứng, được thể hiện cụ thể trong Bảng 1. Mối quan hệ giữa mức độ ổn định bờ mỏ và góc dốc bờ mỏ được xây dựng thể hiện cụ thể qua đồ thị Hình 22. Từ các điểm rời rạc giữa hệ số ổn định và góc ổn định bờ mỏ, sử dụng phương pháp hồi quy, tác giả xây dựng được phương trình $\eta = 20,99\alpha^{-84}$ với $R^2 = 0,998$ (trong đó η - hệ số ổn định bờ mỏ, α - góc dốc bờ mỏ, độ).

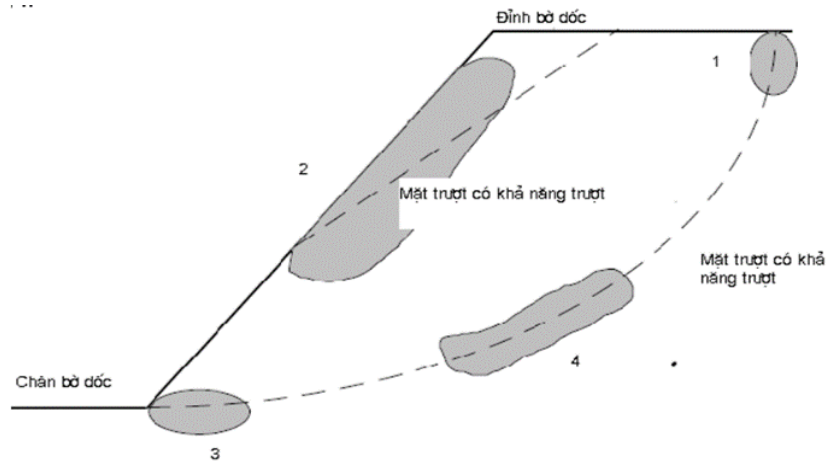
Bảng 1. Sự thay đổi độ ổn định phụ thuộc vào góc dốc bờ mỏ

Góc dốc bờ mỏ, độ	25	27	29	31	33
Hệ số ổn định	1,382	1,303	1,23	1,153	1,096

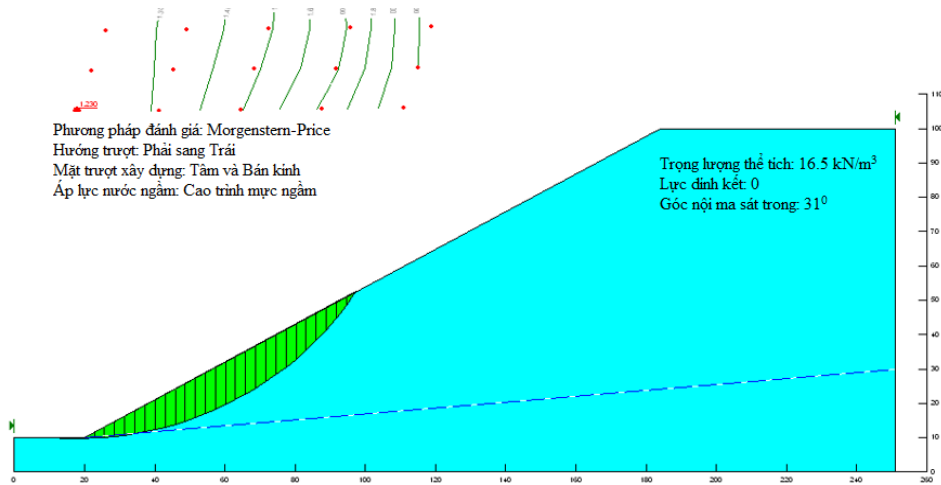
3.5. Xác định phương án cải tạo và phục hồi môi trường

Để nâng cao hiệu quả khai thác, giảm thiểu các tác động tới môi trường trong và sau khai thác thì việc xác định phương án cải tạo và phục hồi môi trường cho mỏ là rất quan trọng.

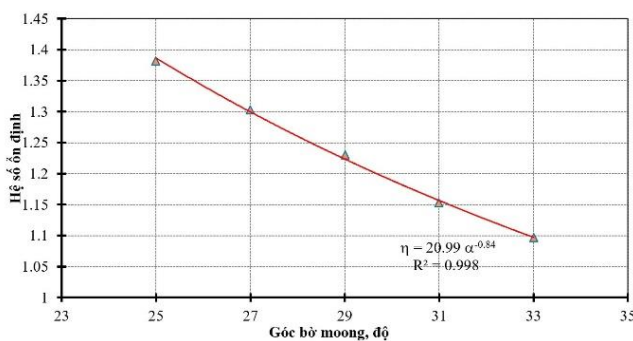
Hình 22 minh họa mối quan hệ giữa các khâu: khai thác, tuyển thô; thải cát và cải tạo, phục hồi môi trường cho các mỏ titan sa khoáng ven biển tỉnh Bình Thuận theo các sơ đồ công nghệ 3 hoặc 5. Với trình tự khai thác, tuyển quặng, thải cát và hoàn thổ môi trường đã đề xuất ở trên (Hình 23), cho phép quá trình khai thác tại các mỏ titan sa khoáng ven biển tỉnh Bình Thuận trở nên thân thiện với môi trường hơn. Đây cũng chính là phương án cải tạo và phục hồi môi trường hợp lý



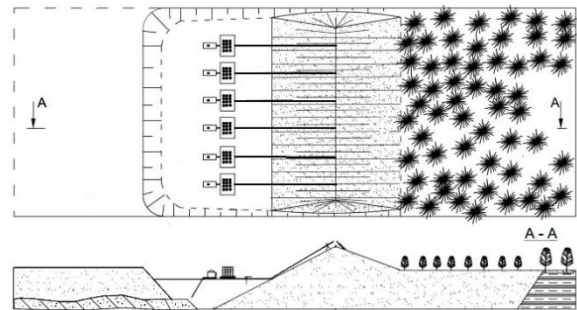
Hình 20. Minh họa sự phân bố ứng suất khi hình thành bờ mỏ (Jonny Sjöberg, 1996). 1- vùng ứng suất kéo; 2- vùng ứng suất giảm; 3- vùng ứng suất tăng cao.



Hình 21. Đánh giá độ ổn định bờ mỏ và mặt trượt yếu với góc bờ mỏ 29°.



Hình 22. Mối quan hệ giữa hệ số ổn định bờ mỏ và góc dốc bờ mỏ.



Hình 23. Mối quan hệ giữa công tác khai thác, thải và cải tạo, phục hồi môi trường cho các mỏ titan sa khoáng ven biển tỉnh Bình Thuận.

cho các mỏ titan sa khoáng ven biển tỉnh Bình Thuận đối với các sơ đồ công nghệ 1, 3 và 5.

3.6. Hiệu quả kinh tế khai thác mỏ

Hiệu quả kinh tế là tiêu chí mang ý nghĩa như điều kiện “đủ” để đánh giá và lựa chọn sơ đồ công nghệ khai thác phù hợp cho các mỏ quặng titan sa khoáng ven biển tỉnh Bình Thuận.

Có nhiều phương pháp đánh giá hiệu quả kinh tế, tuy nhiên trong phạm vi bài báo này, các tác giả lựa chọn phương pháp dùng các chỉ tiêu kinh tế cơ bản mang tính khái toán để đánh giá hiệu quả kinh tế của mỏ cho mỗi phương án sơ đồ công nghệ khai thác cụ thể:

1. Tổng chi phí đầu tư cơ bản (Z_{cb})

Tổng chi phí đầu tư của mỏ được xác định bằng công thức sau:

$$Z_{cb} = Z_a + Z_b, đ \quad (4)$$

Trong đó: Z_a - tổng chi phí đầu tư mua sắm thiết bị, lắp đặt, phụ tùng và sửa chữa lớn, đ; Z_b - chi phí xây dựng cơ bản, đ.

2. Tổng chi phí sản xuất hàng năm (Z_{sx})

Tổng chi phí sản xuất hàng năm của mỏ được xác định bằng công thức sau:

$$Z_{sx} = Z_{sxcd} + Z_{sxld}, đ/năm \quad (5)$$

Trong đó: Z_{sxcd} - chi phí cố định gồm khấu hao tài sản cố định, lương và bảo hiểm xã hội, đ/năm; Z_{sxld} - chi phí lưu động gồm chi phí điện năng; chi phí nguyên, nhiên liệu, cải tạo phục hồi môi trường và các loại thuế và phí, đ/năm.

3. Doanh thu (D):

Doanh thu hàng năm của mỏ được xác định bằng công thức sau:

$$D = A_n \cdot G_b, đ/năm \quad (6)$$

Trong đó: A_n - sản lượng quặng (thô) khai thác được hàng năm của mỏ, t/năm; G_b - giá bán 1 tấn quặng thô, đ/t.

4. Lợi nhuận trước thuế (L_g):

Lợi nhuận (lãi) trước thuế của mỏ được xác định bằng công thức sau:

$$L_g = D - Z_{sx}, đ/năm \quad (7)$$

Trong đó: D - doanh thu hàng năm của mỏ, đ/năm; Z_{sx} - tổng chi phí sản xuất hàng năm của mỏ, đ/năm.

5. Lợi nhuận ròng (L_r):

Lợi nhuận (lãi) ròng của mỏ được xác định bằng công thức sau:

$$L_r = L_g - T_{tdn}, đ/năm \quad (8)$$

Trong đó: L_g - lợi nhuận trước thuế của mỏ, đ; T_{tdn} - thuế thu nhập doanh nghiệp, $T_{tdn} = 0.25 \cdot L_g$, đ.

6. Hệ số hiệu quả vốn đầu tư (E):

Hệ số hiệu quả vốn đầu tư của mỏ được xác định bằng công thức sau:

$$E = L_r / Z_{cb} \quad (9)$$

Trong đó: L_r - lãi ròng của mỏ, đ; Z_{cb} - tổng chi phí đầu tư của mỏ, đ.

3.7. Xây dựng sơ đồ khối lựa chọn công nghệ khai thác phù hợp cho các mỏ quặng titan sa khoáng ven biển tỉnh Bình Thuận

Dựa trên 6 tiêu chí đánh giá công nghệ khai thác cho các mỏ quặng titan sa khoáng ven biển tỉnh Bình Thuận, các tác giả đã đề xuất trình tự lựa chọn sơ công nghệ khai thác phù hợp như sau: (1) Kiểm tra các sơ đồ công nghệ khai thác khả thi; (2) Chọn trình tự khai thác cho mỏ; (3) Kiểm tra lượng nước cần thiết cho mỏ; (4) Kiểm tra điều kiện ổn định bờ mỏ; (5) Chọn phương án cải tạo, phục hồi môi trường cho mỏ; (6) Kiểm tra hiệu quả kinh tế của mỏ. Sơ đồ mô tả trình tự lựa chọn công nghệ khai thác thể hiện trong Hình 24.

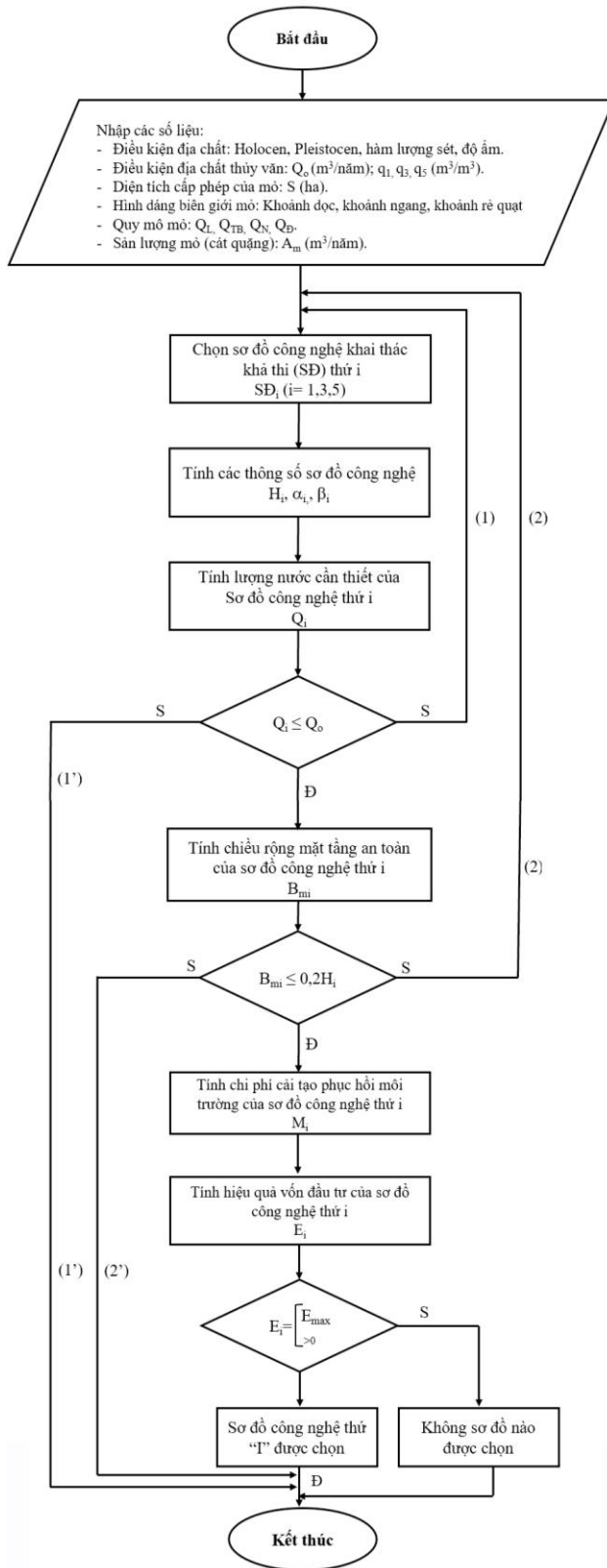
4. Kết luận

Từ các nội dung đã trình bày ở trên, các tcas giả rút ra một số kết luận sau:

1. Các tiêu chí được đề xuất bao gồm: sơ đồ công nghệ khai thác khả thi; trình tự khai thác hợp lý; đảm bảo lượng nước cần thiết; đảm bảo ổn định bờ mỏ; phương án cải tạo và phục hồi môi trường thuận lợi và hiệu quả kinh tế cao là những cơ sở quan trọng để đánh giá và lựa chọn công nghệ khai thác phù hợp cho các mỏ titan sa khoáng ven biển tỉnh Bình Thuận.

2. Trong sơ đồ công nghệ 3 và 5, khi khai thác các thân quặng chứa nhiều sét, khi sử dụng thiết bị Tamaclon trong các sơ đồ công nghệ này cho phép nâng cao hiệu quả khai thác, tăng được tỷ lệ thực thu titan và tiết kiệm nước.

3. Để tính được lượng nước cần thiết cho các sơ đồ công nghệ, cần xác định được chỉ tiêu tiêu hao nước và tỷ lệ thu hồi nước trên cơ sở xem xét điều kiện cụ thể của từng sơ đồ, cũng như độ ẩm và hàm lượng sét trong quặng.



Hình 24. Sơ đồ trình tự lựa chọn công nghệ khai thác phù hợp cho các mỏ titan sa khoáng ven biển tỉnh Bình Thuận.

4. Để đánh giá độ ổn định bờ mỏ và tăng khai thác, cần xem xét các yếu tố tổng hợp về điều kiện tự nhiên, địa chất, ĐCTV, hàm lượng sét và trạng thái của cát quặng. Với các điều kiện cụ thể, sẽ xác định được giá trị góc nghiêng bờ mỏ và góc dốc sườn tầng ổn định lớn nhất cho các tầng khai thác.

5. Phương án cải tạo, phục hồi môi trường cho các sơ đồ công nghệ khai thác của các mỏ titan sa khoáng ven biển tỉnh Bình Thuận đều bao gồm các công việc: san gạt bãi cát thải bằng phẳng đến cao độ tự nhiên của khu vực, sau đó tiến hành lựa chọn loại cây phù hợp và trồng với mật độ theo quy định để phục hồi môi trường khu vực mỏ sau khai thác.

6. Hiệu quả kinh tế chính là điều kiện “đủ” trong số các tiêu chí để đánh giá và lựa chọn công nghệ khai thác hợp lý cho các mỏ titan sa khoáng ven biển tỉnh Bình Thuận là hệ số hiệu quả vốn đầu tư tương ứng với các sơ đồ công nghệ khai thác của mỏ.

Lời cảm ơn

Nhóm tác giả xin gửi lời cảm ơn sự tài trợ từ đề tài cấp cơ sở, mã số T20-15: “Nghiên cứu lựa chọn công nghệ khai thác hợp lý cho các mỏ titan sa khoáng ven biển Việt Nam” của Trường Đại học Mỏ - Địa chất.

Đóng góp của các tác giả

Tác giả Bùi Xuân Nam hình thành ý tưởng và nội dung bài báo; các tác giả Vũ Đình Hiếu và Lê Thị Thu Hoa thu thập số liệu, đọc bản thảo trung gian; tác giả Lê Quý Thảo triển khai các nội dung, hoàn thành bản thảo cuối của bài báo.

Tài liệu tham khảo

Bùi Tất Hợp, (2010). Đánh giá tiềm năng sa khoáng tổng hợp ven bờ biển miền Trung Việt Nam, sử dụng hợp lý kinh tế chúng và bảo vệ môi trường, *Luận văn Tiến sĩ địa chất*, Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội, 133 trang.

Hồ Sĩ Giao, Bùi Xuân Nam, Vũ Đình Hiếu, Lê Ngọc Ninh, (2015). Khai thác khoáng sàng sa khoáng, *Nhà xuất bản Khoa học Tự nhiên và Công nghệ*, Hà Nội, 530 trang.

Jonny Sjöberg, (1996). Large scale slope stability in open pit mining: a review, *Luleå tekniska universitet*, 215 pages.

Sở tài nguyên các tỉnh Bình Định, Ninh Thuận, Quảng Bình, Bình Thuận, (2018). Các báo cáo số liệu thống kê về hiện trạng khai thác khoáng sản ti tan sa khoáng các tỉnh Bình Định, Ninh Thuận, Quảng Bình, Bình Thuận.

Thủ tướng Chính phủ, (2013). Quyết định số 1546/QĐ-TTg, "Quy hoạch phân vùng thăm dò và sử dụng quặng titan giai đoạn đến năm 2020, có xét tới năm 2030", Hà Nội, 36 trang.

Trần Văn Thảo, (2010). Đặc điểm sa khoáng ven

biển Ninh Thuận - Bình Thuận, Việt Nam, *Luận văn Thạc sĩ địa chất*, Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội, 250 trang.

Trường Đại học Khoa học Tự Nhiên, Khoa Địa Chất, (2018). Kết quả phân tích thành phần khoáng vật bằng phương pháp XRD, XRF mẫu titan Bình Thuận, Hà Nội.

Yingli LV, Qui-Thao Le, Hoang-Bac Bui, Xuan-Nam Bui, Hoang Nguyen, Trung Nguyen-Thoi, Jie Dou, Xuan Song, (2020). A Comparative Study of Different Machine Learning Algorithms in Predicting the Content of Ilmenite in Titanium Placer. *Applied Sciences*. 10 (2), tr. 1-23.