



TUYỂN TẬP HỘI THẢO KHOA HỌC QUỐC GIA

QUẢN LÝ MÔI TRƯỜNG VÀ PHÁT TRIỂN TÀI NGUYÊN THIÊN NHIÊN

EMNR 2026



Trần Thị Ngọc, Đặng Thị Ngọc Thủy, Vũ Thị Lan Anh	224
Ứng dụng phương pháp Electre trong lựa chọn phương án cải tạo phục hồi môi trường tại khu vực khai thác khoáng sản, xã Phước Dinh, tỉnh Khánh Hòa	
Nguyễn Thị Cúc, Phan Thị Mai Hoa, Nguyễn Quốc Phi, Vũ Thị Lan Anh	235
Giải pháp chiến lược thúc đẩy du lịch Net Zero tại Cụm du lịch sinh thái Võ Nhai – Thần Sa, thuộc phía Bắc Việt Nam	
Phan Thị Mai Hoa, Vũ Thị Lan Anh, Nguyễn Thị Cúc	245
Đóng cửa mỏ và cải tạo, phục hồi môi trường sau khai thác than tại Quảng Ninh: Nhìn từ quản trị vòng đời mỏ đến công tác hoàn nguyên và chuyển đổi không gian hậu khai thác	
Hoàng Nam, Nguyễn Quốc Phi	254
Đánh giá các tác động sinh thái của sinh vật phù du tại đảo Quan Lạn đến công trình điện gió ngoài khơi tỉnh Quảng Ninh	
Trần Thị Thu Hương, Phùng Thị Thu Trang	264
So sánh đặc điểm hoạt độ ^{210}Po , khả năng tích lũy và mức độ nguy hại phóng xạ khi tiêu thụ Vẹm Xanh (<i>Perna viridis</i>) và các nhóm loài cá khác nhau ở biển ven bờ, Lâm Đồng, Việt Nam	
Tạ Đức Thịnh, Dương Văn Hào, Hoàng Văn Hiệp, Phạm Thị Thanh Xuân	274
Nghiên cứu đề xuất giải pháp quản lý môi trường tại một số mỏ khoáng sản tại Việt Nam	
Nguyễn Phương, Vũ Thị Lan Anh, Nguyễn Thị Cúc	284
Xây dựng cơ sở dữ liệu các hệ sinh thái đất ngập nước khu vực ven biển Quảng Yên - Cát Bà	
Nguyễn Quốc Phi, Nguyễn Thị Thanh, Phan Thị Mai Hoa, Lê Hữu Hải, Bùi Ngọc Quý	296
Những vấn đề về chuyển đổi số ứng dụng trong các doanh nghiệp khai thác khoáng sản tại Việt Nam	
Nông Việt Hùng, Dương Phi Hùng, Nguyễn Ngọc Bảo, Lê Văn Công, Nông Việt Trung, Nguyễn Thị Thu Hương; Đỗ Mạnh Cường; Hà Minh Thọ, Nguyễn Văn Huệ, Vũ Cao Cường, Phạm Thế Anh, Ngô Thái Vinh	307
PHẦN 3: NHỮNG TIẾN BỘ MỚI TRONG CÔNG NGHỆ MÔI TRƯỜNG	
Phân tích biến động AQI theo mùa và cảnh báo ô nhiễm không khí tại khu vực Đông Bắc tỉnh Lạng Sơn	
Nguyễn Thị Hồng, Đào Trung Thành, Nguyễn Thị Thu Huyền	315



NGHIÊN CỨU ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP QUẢN LÝ MÔI TRƯỜNG TẠI MỘT SỐ MỎ KHOÁNG SẢN TẠI VIỆT NAM

Nguyễn Phương^{a*}, Vũ Thị Lan Anh^b, Nguyễn Thị Cúc^b

^aHội Địa chất kinh tế Việt Nam

^bKhoa Môi trường, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Việt Nam

*Tác giả liên hệ:

Họ và tên: Nguyễn Phương

Điện thoại: (+84) 913800646

✉mail: nguyenphuong@humg.edu.vn

Tóm tắt

Hoạt động khai thác khoáng sản, bên cạnh những đóng góp quan trọng cho phát triển kinh tế, đã và đang gây ra nhiều tác động tiêu cực đến môi trường tự nhiên và sức khỏe con người. Trong bối cảnh đó, việc nghiên cứu và áp dụng mô hình kinh tế tuần hoàn trong lĩnh vực khai khoáng ở Việt Nam là cần thiết. Nghiên cứu tiếp cận mô hình kinh tế tuần hoàn từ góc độ sử dụng hiệu quả tài nguyên thiên nhiên, thông qua phân tích thực tiễn tại một số dự án khai thác khoáng sản tiêu biểu như mỏ đồng Sin Quyền và mỏ chì – kẽm Nông Tiến – Núi Dùm. Kết quả cho thấy: (i) trong giai đoạn thăm dò và khai thác, cần đánh giá đầy đủ khoáng sản chính, khoáng sản đi kèm và các nguyên tố tiềm ẩn nguy cơ gây ô nhiễm; đồng thời xác định trữ lượng, tài nguyên và khả năng sử dụng, kể cả đối với đá thải trong khai thác và tuyển quặng; (ii) việc áp dụng mô hình sử dụng nước tuần hoàn, đặc biệt trong khâu tuyển và làm giàu quặng, góp phần giảm khai thác tài nguyên nước và phát thải môi trường; (iii) đối với các mỏ lộ thiên quy mô lớn, cần tối ưu hóa bãi thải trong, kết hợp khai thác cuốn chiếu và thực hiện cải tạo, phục hồi môi trường đồng bộ ngay trong quá trình khai thác. Nghiên cứu cũng chỉ ra những hạn chế trong việc áp dụng mô hình kinh tế tuần hoàn trong khai thác khoáng sản ở Việt Nam, từ đó đề xuất giải pháp nhằm thúc đẩy triển khai hiệu quả mô hình này, hướng tới mục tiêu phát triển bền vững.

Từ khóa: *Mô hình kinh tế tuần hoàn, khai thác khoáng sản, Việt Nam*



1. Đặt vấn đề

Sau gần 40 năm thực hiện Đổi mới, nước ta đã đạt được nhiều thành tựu to lớn trong phát triển kinh tế, xã hội. Theo số liệu công bố của Cục tổng kê ngày 06/01/2025, GDP năm 2024 của nước ta đạt khoảng 476,3 tỷ USD, ước tính tăng 7,09% so với năm 2023, đưa nước ta trở thành nền kinh tế lớn thứ 33 trên thế giới. Tuy nhiên, tài nguyên thiên nhiên, trong đó có tài nguyên khoáng sản vẫn đóng vai trò quan trọng trong mô hình tăng trưởng kinh tế. Song, hiệu quả sử dụng tài nguyên môi trường của nước ta trong thời gian qua vẫn còn rất thấp, nhưng môi trường tự nhiên tại các khu vực hoạt động khoáng sản ngày càng bị suy thoái, là một trong những thách thức lớn trong quá trình phát triển kinh tế - xã hội và hội nhập quốc tế.

Trong quá trình phát triển, các mô hình kinh tế đã có gồm mô hình kinh tế tuyến tính, mô hình kinh tế tuần hoàn/kinh tế xanh, kinh tế tri thức... Trong đó, mô hình kinh tế tuyến tính là mô hình kinh tế truyền thống, các sản phẩm và tài nguyên được sử dụng một lần, sau đó bị loại bỏ hoặc để lại vào môi trường dưới dạng rác thải. Ưu điểm của mô hình này là phát triển kinh tế nhanh, đơn giản, dễ triển khai và tăng cường hiệu suất sản xuất; nhược điểm là

lãng phí tài nguyên; đặc biệt đối với tài nguyên khoáng sản, làm gia tăng ô nhiễm môi trường và tạo nên nền kinh tế không cân bằng. Vì vậy, việc chuyển đổi sang các hướng tiếp cận kinh tế mới như kinh tế tuần hoàn/kinh tế xanh là cần thiết, đảm bảo sự phát triển bền vững và bảo vệ môi trường cho thế hệ tương lai (Viện Chiến lược Chính sách Tài nguyên và Môi trường, 2020).

Theo Ngân hàng Thế giới (World Bank), kinh tế xanh là “phát triển kinh tế đảm bảo sử dụng hiệu quả các nguồn tài nguyên thiên nhiên, trong đó giảm thiểu ô nhiễm và tác động đến môi trường, tăng cường khả năng phục hồi trước biến đổi tự nhiên, đẩy mạnh vai trò của quản lý nhà nước về môi trường và nguồn lực tự nhiên trong việc ngăn ngừa các thảm họa từ thiên nhiên”. Kinh tế tuần hoàn là một mô hình kinh tế trong đó các hoạt động thiết kế, sản xuất, dịch vụ đặt ra mục tiêu kéo dài tuổi thọ của vật chất và loại bỏ tác động tiêu cực đến môi trường. Không giống Mô hình kinh tế truyền thống, Mô hình kinh tế tuần hoàn chú trọng việc quản lý và tái sử dụng tài nguyên theo một vòng khép kín nhằm tránh/hoặc hạn chế tạo ra phế thải (Viện Chiến lược Chính sách Tài nguyên và Môi trường, 2020; L□□ K. and Cha, J., 2018).



Trong nhiều loại hình khoáng sản, ngoài thành phần chính còn có thành phần đi kèm; chúng có hàm lượng thấp, nếu khai thác riêng lẻ không kinh tế, nhưng khi khai thác cùng với khoáng sản chính, chúng trở thành nguồn nguyên liệu rất có giá trị. Ví dụ: Khi thu hồi G, U trong khai thác than đá, hoặc khai thác đồng có thu hồi Au, Ag, F, S sẽ mang lại hiệu quả kinh tế khá lớn. Mặt khác, trong quá trình khai thác, chế biến khoáng sản thường gây nên một số tác động môi trường như ô nhiễm nước, không khí, suy giảm đa dạng sinh học, mất độ che phủ rừng, xói mòn đất và thay đổi cảnh quan. Đối với các mỏ khoáng sản kim loại thường phát sinh nhiều vấn đề bất cập như: cần diện tích bãi thải, hồ thải quặng đuôi lớn; trong nước thải có chứa kim loại nặng, có nguy cơ tạo dòng thải acid mỏ; một số mỏ còn chứa nguyên tố phóng xạ, kim loại nặng độc hại. Hơn nữa, thời gian hoạt động của Dự án khai thác khoáng sản thường khá dài, tiềm ẩn nguy cơ sạt lở bờ moong, bãi thải, tạo dòng thải acid mỏ hoặc phát tán kim loại nặng, kim loại phóng xạ ra môi trường nếu không có biện pháp bảo đảm an toàn môi trường tốt (EEA, 2012).

Vì vậy, việc nghiên cứu phân loại nhằm sử dụng triệt để khoáng sản đi kèm, đất đá đổ thải trong khai thác chế biến khoáng sản và sử dụng chúng, cũng như việc sử dụng tuần

hoàn nước trong khâu tuyển làm giàu quặng là cần thiết và phù hợp với yêu cầu phát triển kinh tế tuần hoàn hiện nay.

Bài báo giới thiệu một số kết quả nghiên cứu về áp dụng mô hình kinh tế tuần hoàn trong hoạt động khoáng sản trên cơ sở nghiên cứu thử nghiệm tại 03 mỏ đặc trưng cho khoáng sản kim loại. Từ đó, đề xuất giải pháp nhằm quản lý, sử dụng nguồn tài nguyên khoáng sản hợp lý, hiệu quả theo mô hình kinh tế tuần hoàn nhằm đáp ứng mục tiêu phát triển bền vững.

2. Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Mỏ đồng Sin Quyền: Mỏ đồng Sin Quyền thuộc bờ phải Sông Hồng nằm kéo dài từ các bản làng Vi Kẽm, Cốc Mỹ đến trung tâm xã Bản Vược, huyện Bát Xát (cũ), tỉnh Lào Cai. Quặng đồng phân bố chủ yếu trong đá trao đổi và đá gneiss biotit migmatit. Ngoài ra còn một phần nhỏ phân bố trong granibitoit, pegmatit và rất hiếm trong đá phiến thạch anh 2 mica, granitogneiss, amphibolit. Quặng đồng nằm trong đá trao đổi thường có hàm lượng cao, thân quặng ổn định về chiều dày, cấu tạo dạng xâm tán, dạng dải. Các thân quặng có hình thái phổ biến là dạng chuỗi mạch, dạng mạch thấu kính, dạng mạch tách nhánh hoặc dạng ổ. Các thân quặng có thể nằm



chủ yếu dạng giả chỉnh hợp với đá vây quanh hoặc thỏi đới dập vỡ kiến tạo. Thế nằm chung của các thân quặng có đường phương thay đổi từ 2900 đến 3000 và góc dốc 500 - 850 (Công ty cổ phần Đầu tư xuất nhập khẩu Tây Đô, 2024). Mỏ hiện đang được khai thác bằng phương pháp lộ thiên theo Giấy phép số 1868/GP-BTNMT, tổng trữ lượng quặng là 17,291 triệu tấn, công suất khai thác từ 1,9 đến 2,24 triệu tấn quặng/năm. Hiện có hai khai trường khai thác là khu Đông và Khu tây; hai bãi thải là bãi thải nam khu Đông và Nam khu tây.

Mỏ chì - kẽm Nông Tiến - Núi Dùm: Mỏ chì kẽm Nông Tiến - Núi Dùm thuộc phường Nông Tiến và xã Tràng Đà, thành phố Tuyên Quang, tỉnh Tuyên Quang (nay là phường Nông Tiến, tỉnh Tuyên Quang). Quặng chì - kẽm nằm trong đá vôi của hệ tầng Đại Thị (D1đt). Kết quả thăm dò năm 2011 đã khoanh nổi và tính trữ lượng tài nguyên cho 5 thân quặng trong khu Nông Tiến và 03 các thân quặng ở khu Núi Dùm. Các thân quặng có hình dạng khá phức tạp, hàm lượng chì - kẽm biến đổi mạnh. Phần trên bị phong hóa tạo thành quặng oxit. Thành phần hoá cơ bản của quặng chì - kẽm chủ yếu là Pb, Zn; các nguyên tố đi kèm có Ag (trung bình 195 g/T), Cd không cao (trung bình 519 ppm); nguyên tố có hại

là As phân bố cao trong TQ.8 (2.606 - 3.160 ppm), các thân quặng còn lại có hàm lượng As khá thấp từ một vài ppm đến 100ppm (Công ty cổ phần Đầu tư xuất nhập khẩu Tây Đô, 2024).

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp khảo sát thực địa

Tiến hành khảo sát thực địa tại các khu vực mỏ khoáng sản lựa chọn nghiên cứu. Nội dung khảo sát thực địa gồm: đánh giá hiện trạng khai thác, chế biến, các yếu tố môi trường nhạy cảm liên quan hoạt động khoáng sản tại 03 khu mỏ. Trên cơ sở đó, đánh giá hiệu quả hoạt động dự án và các vấn đề môi trường tự nhiên liên quan cần quan tâm.

2.2.2. Thu thập tổng hợp tài liệu

Thu thập tổng hợp các tài liệu thăm dò, khai thác, tuyển quặng tại các mỏ lựa chọn, đánh giá độ tin cậy của tài liệu để giải đánh giá khả năng thu hồi khoáng sản đi kèm và đá thải trong khai thác, sử dụng nước tuần hoàn trong tuyển làm giàu quặng.

2.2.3. Đánh giá hiệu quả sử dụng

Trên cơ sở xác lập chỉ tiêu tính trữ lượng/tài nguyên khi có khoáng sản có ích đi kèm: Trong thăm dò, để tính toán trữ lượng mỏ phải sử dụng các chỉ tiêu công nghiệp mỏ. Các chỉ tiêu dùng để khoanh nổi thân quặng công nghiệp (hàm lượng biên, hàm lượng công nghiệp tối thiểu, ...),



các chỉ tiêu về công nghệ khai thác mỏ (chiều dày lớn nhất cho phép của các lớp đá kẹp, chiều dày nhỏ nhất của các thân quặng công nghiệp, ...).

Trong đó, chỉ tiêu hàm lượng công nghiệp tối thiểu (HLCNTT) là chỉ tiêu đóng vai trò quan trọng nhất (Pogorbitski E.O. and Třnovoi O.I, 1974; Kazdan, A. B., 1977). Trong nghiên cứu này, tác giả sử dụng công thức sau [4]:

$$CCN = \frac{(Z_{TD} + Z_{KT} + Z_t + Z_T).C_M}{G.H_c.H_n} \quad (1)$$

Trong đó: CCN - HLCNTT thành phần có ích (%; g/T, kg/m³ ...); ZTD, ZKT, Z_t, Z_T – lần lượt là giá thành thăm dò, khai thác, tuyển làm giàu quặng và tổng các chi phí thuế tính cho 1 đơn vị quặng nguyên khai (đồng/T, đồng/m³ ...); G - Giá bán đơn vị sản phẩm tinh quặng (đ/T, đ/kg, ...); C_M - Hàm lượng thành phần có ích trong tinh quặng (%; g/T, kg/m³ ...) và H_c- Hệ số thu hồi chung thành phần có ích trong vào sản phẩm cuối cùng (tinh quặng) xác định theo công thức: $H_c = H_{kt} \cdot H_t$; với H_{kt}, H_t lần lượt là hệ số thu hồi trong khai thác, tuyển quặng (%). H_n- Hệ số nghèo hoá quặng trong khai thác.

Hiện có nhiều phương pháp tính quy đổi (K_{qd}), tác giả sử dụng phương pháp được Kazdan cải tiến (Kazdan, A.B., 1977). K_{qd} được xác định theo công thức:

$$K_{qd} = \frac{G_p \cdot H_{cp}}{G_c \cdot H_{cc}} \quad (2)$$

Trong đó: G_c, G_p là giá bán các sản phẩm hàng hoá chính và phụ (đ/kg ...); H_{cc}, H_{cp} lần lượt là hệ số thu hồi chung trong khai thác, tuyển thành phần có ích chính và phụ ($H_{cc} < 1$, $H_{cp} < 1$).

Hàm lượng công nghiệp quy đổi (CCN_{qd}) trong các khối tính trữ lượng/tài nguyên đối với các mỏ có chứa khoáng sản (nguyên tố) có ích đi kèm được xác định theo công thức:

$$CCN_{qd} = C_{TB} + \sum_{i=1}^n C_{qdi} \quad (3)$$

Trong đó: n - Số thành phần có ích đi kèm; C_{TB} - Hàm lượng trung bình thành phần chính trong khối tính trữ lượng/tài nguyên hoặc trong toàn mỏ (kg/m³, %); C_{qdi} - Hàm lượng thành phần có ích đi kèm quy đổi ra thành phần chính trong khối tính trữ lượng/tài nguyên hoặc trong toàn mỏ (kg/m³, %) xác định theo công thức:

$$C_{qdi} = C_{pi} \cdot K_{qdi} \quad (4)$$

Với: C_{pi} - Hàm lượng trung bình thành phần đi kèm thứ i trong khối trữ lượng/tài nguyên hoặc mỏ (kg/m³, %); K_{qdi}- Hệ số quy đổi thành phần có ích đi kèm thứ i về thành phần chính.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Đánh giá hiệu quả sử dụng tài nguyên



khoáng sản đi kèm

* Phân tích dưới góc độ xác lập chỉ tiêu công nghiệp trong tính trữ lượng khoáng sản nhằm sử dụng triệt để tài nguyên khoáng sản (khoáng sản đi kèm).

Nghiên cứu được thực hiện tại mỏ đồng Sin Quyền để đánh giá khi có thu hồi khoáng sản đi kèm thông qua việc xác lập chỉ tiêu HLCNTT để khoanh nổi thân quặng công nghiệp và tính trữ lượng/tài nguyên. HLCNTT được xem xét trong hai trường hợp sau:

- Trường hợp thứ nhất: Chỉ thu hồi thành phần chính là kim loại đồng: trên cơ sở tài liệu thu thập được trong dự án khai thác quặng đồng mỏ Sin Quyền (Tổng công ty khoáng sản Vinacomin) và sử dụng công thức (1) tính được HLCNTT (CCN) là 0,61% Cu.

- Trường hợp thứ hai: Ngoài Cu, có thu hồi thêm khoáng sản đi kèm (Au, F₂ – manhetit, S). Sử dụng công thức (2, 3, 3) và các thông số thu thập từ dự án khai thác quặng đồng Sin Quyền (Tổng công ty khoáng sản Vinacomin), tính hệ số quy đổi thành phần có ích đi kèm (Au, F₂ – manhetit, S) sang thành phần chính (Cu). Áp dụng công thức (2, 4) tính được các kết quả như sau:

$$C_{qdAu} = 0,259\%; C_{qdF_2} = 0,039\%; C_{qdS} = 0,013\%; \sum_{i=1}^3 C_{qdi} = 0,311\%.$$

$$\text{Từ công thức 3 ta có: } C_{TB} = C_{CN} - \sum_{i=1}^n C_{qdi} \\ = 0,611\% - 0,311\% = 0,30\%.$$

Kết quả tính toán chỉ ra rằng, nếu trong quá trình khai thác chỉ thu hồi Cu, thì yêu cầu hàm lượng công nghiệp tối thiểu là 0,61% Cu, khi đó một số khối tính trữ lượng có hàm lượng trung bình 0,5 - 0,6% Cu không đạt chỉ tiêu công nghiệp, phải xếp vào tài nguyên (cấp 221 hoặc 222), nghĩa là các khối này chưa được huy động vào khai thác tại thời điểm đánh giá. Nếu trong quá trình khai thác, có thu hồi các thành phần có ích đi kèm như Au, F₂ (manhetit) và S có hàm lượng trung bình tương ứng kết quả đưa vào tính toán, thì hàm lượng trung bình tối thiểu đối với đồng là 0,30%. Như vậy, tại mỏ đồng Sin Quyền trong quá trình khai thác, ngoài thành phần chính (Cu), có thu hồi các thành phần có ích đi kèm (Au, F₂ – manhetit và S), sẽ giảm hàm lượng công nghiệp tối thiểu của Cu từ 0,61% xuống 0,30%, nghĩa là các khối có hàm lượng Cu trung bình 0,5 - 0,6% được xếp vào khối trữ lượng (cấp 121 hoặc 122).

Kết quả trên chỉ rõ nếu thu hồi triệt để khoáng sản đi kèm, trong trường hợp nghiên cứu là Au, F₂ và S sẽ nâng cao giá trị của mỏ; đồng thời sẽ giảm diện tích hồ



chứa thải quặng đuôi và giảm thiểu mức độ rủi ro môi trường đối với hồ chứa quặng đuôi nếu có sự cố vỡ đập,

Trong khai thác khi sử dụng triệt để khoáng sản đi kèm là hướng đi phù hợp với mô hình Kinh tế tuần hoàn trong hoạt động khoáng sản, bởi lẽ:

- + Thứ nhất: Đáp ứng mục tiêu nâng cao giá trị của mỏ; kéo dài tuổi thọ của mỏ, do các khối tài nguyên được chuyển sang khối trữ lượng khi có tính đến việc thu hồi khoáng sản đi kèm.
- + Thứ hai: Giảm thiểu tác động tiêu cực đến môi trường: do giảm diện tích hồ chứa quặng đuôi và tận thu loại khoáng sản (F□ - manh□tit, S) có khả năng tác động xấu

đến môi trường nếu xảy ra sự cố vỡ đập.

3.2. Phân tích dưới góc độ sử dụng đất đá đổ thải trong khai thác khoáng sản

Nội dung nghiên cứu được thực hiện tại mỏ chì kẽm mỏ Nông Tiến - Núi Dùm. Trong quá trình đào lò xây dựng cơ bản và khai thác quặng đã thải ra khối lượng lớn đá thải. Đá thải được vận chuyển về 3 bãi thải ngoài: khu Nông Tiến có 2 bãi thải, khu Núi Dùm có 1 bãi thải (Hình 1).

Từ năm 2020 đến năm 2024, tổng lượng đá thải mỏ khoảng 70 nghìn m³, tương ứng ở dạng nỏ rời ltrên 100 nghìn m³, trung bình hàng gần 13.794 m³/năm, tương ứng khoảng 21 m³/năm ở trạng thái nỏ rời.



a)



b)

Hình 1: Bãi đổ thải: a) Khu Nông Tiến (cốt + 70m) b) Khu Núi Dùm (cốt + 328m)

Phân tích mẫu lát mỏng (05) cho thấy thành phần đá tại bãi thải tương ứng tài liệu phân tích lát mỏng trong thăm dò (Công ty cổ phần Đầu tư xuất nhập khẩu Tây Đô, 2024), thành phần chủ yếu là đá vôi, đá vôi

chứa dolomit, đá vôi bị calcit hóa. Đá có kiến trúc hạt nhỏ đến vừa, cấu tạo khối. Kết quả phân tích khoáng tương (05 mẫu) lấy ở các điểm có biểu hiện khoáng hóa sulfur (th□o quan sát mắt thường) tại các bãi thải,



gặp ít khoáng vật quặng trong đá vôi, đá vôi dolomit; khoáng vật nặng kiến trúc dạng hạt tha hình, k₀, hạt giả hình; cấu tạo dạng xâm tán, ổ, viền; thành phần khoáng vật gồm gal_{na} từ ít đến < 1%, sphal_{rit} từ ít đến < 1%; pyrit dao động từ ít đến dưới < 1%; g₀thit, chalcocin rất ít. Trong đá phiến thạch anh, phiến s₀risit – calxit hầu như không gặp khoáng vật quặng. Nhìn chung, hàm lượng khoáng vật sulfur trong đá thải nhìn chung là khá thấp ít có khả năng tạo dòng thải acid.

Với kết quả trình bày trên, cho thấy trong quá trình khai thác, trong khai thác quặng chỉ - kẽm tại khu vực Nông Tiến – Núi Dùm, kết hợp tận thu đá thải vừa mang lại lợi ích kinh tế mỏ, vừa phù hợp với mô hình kinh tế tuần hoàn trong hoạt động khoáng sản, đó là:

- Sử dụng đất đá thải giảm tác động đến môi trường tự nhiên (giảm chiếm dụng đất đổ thải, hạn chế sạt lở bãi thải,...);
- Tái sử dụng đất đá đổ thải trong phạm vi mỏ không chỉ đơn thuần là giảm thiểu đất đá đổ thải, mà đất đá đổ thải còn được xem như một “tài nguyên thứ cấp” có giá trị kinh tế và môi trường trong bối cảnh phát triển nền kinh tế xanh, đáp ứng mục tiêu phát triển bền vững ngành khai khoáng;
- Nâng cao hiệu quả kinh tế của doanh nghiệp khai thác mỏ, do tăng thêm nguồn

thu từ đá thải mỏ; đồng thời tăng thu cho ngân sách.

3.2. Đánh giá hiệu quả sử dụng quy trình nước tuần hoàn trong tuyển quặng theo mô hình kinh tế tuần hoàn

Hàm lượng trung bình các thành phần trong quặng nguyên khai mỏ đồng Sin Quyền, tỉnh quặng và đuôi quặng thải tại nhà máy tuyển khoáng 1 - Sin Quyền (Tổng Công ty Khoáng sản TKV, 2024) tổng hợp trong bảng 1.

Bảng 1. Kết quả tuyển khoáng tại nhà máy tuyển số 1 – Sin Quyền năm 2023

Đối tượng	Hàm lượng các thành phần				Thực thu (%)
	Cu (%)	TF ₀ (%)	Au (g/T)	Ag (g/T)	
Quặng nguyên khai	0,790	13,39	0,467	0,744	
Tinh quặng đồng	22,540	30,00	9,34	11,55	93,20
Tinh quặng sắt	0,056	63,92	0,140	0,610	28,03
Đuôi quặng thải	0,060	9,53	0,170	0,37	

Kết quả phân tích mẫu bùn thải quặng đuôi ngoài các nguyên Cu, TF₀, Au, Ag (Bảng 2) và các nguyên tố kim loại nặng gồm: As, Cd, Hg, Pb, Zn (Tổng Công ty Khoáng sản TKV, 2024) đều nằm trong giới hạn cho phép của QCVN 50:2013/BTNMT-Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia về bùn thải từ quá trình xử lý nước thải.



Trong quá trình tuyển sử dụng các thuốc tuyển như là: Xantat Natri ($C_4H_9COSSNa$), Sulfít Natri (Na_2S), xô đa (Na_2CO_3); flotanol f; Thủy tinh lỏng Na_2SiO_3 ; Axit olíc. Vì vậy, thành phần ô nhiễm chính của nước thải tuyển dự báo như bảng 2 (Tổng Công ty Khoáng sản TKV, 2024).

Bảng 2. Thành phần ô nhiễm chính của nước thải tuyển quặng

Thành phần ô nhiễm	Nguồn gốc	Tác động tiềm tàng
Kim loại nặng (Cu^{2+} , F^{3+})	Hòa tan từ khoáng vật sunfua	Gây độc cho sinh vật thủy sinh
Hóa chất tuyển (Butyl xantat, Na_2S)	Hóa chất dư trong tuyển nổi	Natri butyl xantat có độc tính vừa phải đối với động vật và có thể gây kích ứng da, mắt. Nó đặc biệt độc hại đối với thủy sinh vật. Na_2S gặp nước sinh ra khí H_2S
pH cao (kiềm)	Sử dụng xô đa, thủy tinh lỏng	Ảnh hưởng đến sự cân bằng hệ sinh thái nước
Chất rắn lơ lửng (SS)	Bùn quặng mịn chưa lắng hết	Gây đục, lắng đọng suối, cảnh quang

Nếu nguồn nước sử dụng trong tuyển làm giàu quặng không được thu gom và xử lý, sẽ ảnh hưởng đến môi trường, cụ thể:

- Môi trường nước: kim loại nặng và hóa chất tồn dư nếu không xử lý triệt để sẽ gây nhiễm nguồn nước mặt chảy qua khu vực dự án, ảnh hưởng đến hệ sinh thái thủy sinh và sức khỏe cộng đồng.
- Môi trường đất: nước thải nếu không xử lý sẽ thấm vào đất, có thể làm đất thoái hóa hoặc nhiễm kim loại nặng (Cu, F).
- Mùi và sức khỏe con người: sự phát sinh H_2S từ xantat hoặc sulfít trong điều kiện

yếm khí gây mùi khó chịu, ảnh hưởng đến hô hấp nếu con người tiếp xúc lâu dài.

- Tích tụ sinh học: kim loại như đồng có khả năng tích tụ trong thực vật, cá, chuỗi thức ăn, ảnh hưởng lâu dài đến cộng đồng dân cư quanh vùng.

Do đó, Dự án sử dụng mô hình nước tuần hoàn sẽ giải quyết được các vấn đề sau:

- Mô hình khép kín tránh thất thoát, lãng phí tài nguyên nước;
- Giảm thiểu ô nhiễm môi trường trong nước thải đầu ra của nhà máy tuyển.

Như vậy, Quy trình sử dụng nước tuần hoàn trong tuyển quặng đã đáp ứng mô hình kinh tế tuần hoàn, đó là “*Tái sử dụng tài nguyên theo một vòng khép kín nhằm tránh/hoặc hạn chế tạo ra phế thải có tác động tiêu cực đến môi trường*”.

3.3. Đề xuất giải pháp phát triển mô hình kinh tế tuần hoàn trong hoạt động khoáng sản ở Việt Nam

3.3.1. Về giải pháp tổng thể

- Các cơ quan quản lý nhà nước có thẩm quyền cần xác lập công cụ đánh giá kinh tế tuần hoàn trong hoạt động khoáng sản (phương pháp đánh giá, tiêu chí kinh tế tuần hoàn trong hoạt động khoáng sản).
- Tạo điều kiện về cơ sở pháp lý để khuyến khích các Công ty/Doanh nghiệp khai thác tận thu triệt để tài nguyên khoáng sản, tiếp



cận chính sách tín dụng xanh.

- Khuyến khích các doanh nghiệp đầu tư khai thác quặng nghèo, đặc biệt các đơn vị đầu tư khai thác khoáng sản ở vùng sâu, vùng xa, kết hợp đầu tư xây dựng cơ sở hạ tầng nơi có hoạt động khai thác khoáng sản; ứng dụng công nghệ xanh, đẩy mạnh việc áp dụng trí tuệ nhân tạo (AI) trong hoạt động khoáng sản.

3.3.2. Giải pháp cụ thể

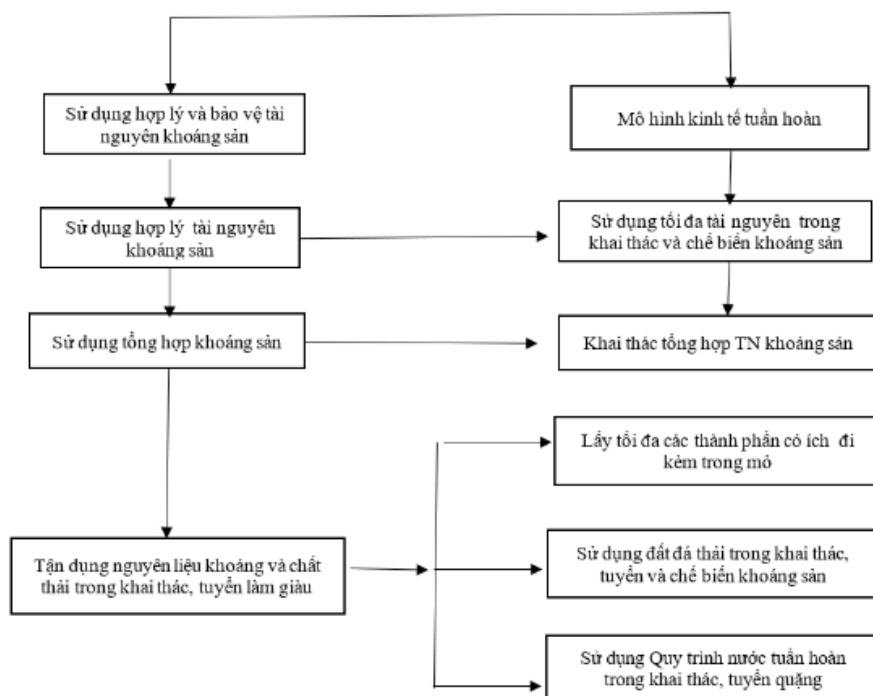
- Áp dụng hệ thống tự động trong vận chuyển và bốc dỡ khoáng sản và đất đá thải sẽ cho phép giảm thiểu thời gian dừng của các phương tiện vận chuyển trong khai thác, giúp giảm tiêu thụ nhiên liệu, giảm lượng phát thải và tối ưu hóa trong vận chuyển trong khu phức hợp mạng lưới giao thông liên mỏ.

- Cải thiện độ an toàn của bãi chứa: Các

mái dốc trượt lở, các bãi thải được gia cố cơ học hoặc sinh học bằng cách trồng cây bụi với bộ rễ mạnh mẽ; tại các bãi thải dễ bị sạt lở cần tạo các rãnh thoát nước.

3.3.3. Đề xuất mô hình kinh tế tuần hoàn trong hoạt động khai thác khoáng sản

- Doanh nghiệp khai thác khoáng sản giảm chi phí đầu tư cho công tác thăm dò bổ sung đánh giá khoáng sản đi kèm, thu hồi tối đa khoáng sản có ích đi kèm (kể cả đất đá đổ thải); hạn chế sử dụng nguồn tài nguyên nước trong hoạt động khoáng sản; hạn chế diện tích đất sử dụng để đổ thải, giảm chi phí giám sát các sự cố tiềm ẩn từ các bãi đổ thải,... Từ đó, nâng cao hiệu quả vốn đầu tư và giá trị kinh tế mỏ, là cơ sở để tăng quỹ phúc lợi xã hội và góp phần nâng cao đời sống của người lao động.



Hình 2: Sơ đồ quy trình hoạt động khai thác khoáng sản theo mô hình KTTH

- Hạn chế nguồn thải ra môi trường, giảm thiểu tác động xấu đến môi trường xung quanh khu vực hoạt động của Dự án khai thác mỏ và giảm chi phí bảo vệ môi trường.

- Khi áp dụng mô hình kinh tế tuần hoàn là hạn chế xung đột môi trường. Xung đột lớn nhất thường xảy ra đối với các dự án khai thác khoáng sản là sử dụng đất và ô nhiễm môi trường tự nhiên.

Như vậy, khi thực hiện mô hình kinh tế tuần hoàn trong hoạt động khoáng sản sẽ đáp ứng được 03 vấn đề cơ bản là: Sử dụng triệt để nguồn tài nguyên không tái tạo, nâng cao hiệu quả kinh tế mỏ.

4. Kết luận

- Hiện nay, tài nguyên khoáng sản đóng vai

trò quan trọng trong mô hình tăng trưởng kinh tế của nước ta, song hiệu quả sử dụng tài nguyên khoáng sản, kết hợp bảo vệ môi trường hiện còn nhiều bất cập, hạn chế. Môi trường tự nhiên tại các khu vực hoạt động khoáng sản đang ngày bị suy thoái, là một thách thức lớn trong quá trình phát triển kinh tế xanh trong lĩnh vực khoáng sản đáp ứng mục tiêu phát triển bền vững.

- Kết quả nghiên cứu thử nghiệm mô hình kinh tế tuần hoàn trong hoạt động khai thác quặng đồng mỏ Sin Quyền (Lào Cai), chi khu Nông Tiến Núi Dùm (Tuyên Quang), đã chỉ rõ: trong khai thác mỏ, ngoài sự quan tâm khoáng sản chính, khi thăm dò cần đánh giá đầy đủ và toàn diện về khoáng



sản có ích, khoáng sản độc hại (nguyên tố kim loại nặng) đi cùng; cần đánh giá và tính trữ lượng/tài nguyên và khả năng sử dụng tối đa đất đá thải mỏ. Cần đẩy mạnh công nghệ sử dụng nước tuần hoàn trong khai thác mỏ.

- Phát triển kinh tế tuần hoàn là một hành động mang tính toàn dân, đòi hỏi sự tham gia của tất cả các bên trong quá trình hoạt động khoáng sản. Do đó, các đơn vị hoạt động trong khoáng sản khó tiếp cận nguồn tài chính xanh, tín dụng xanh.

- Còn nhiều quy định pháp luật, chính sách chồng chéo, nhưng thiếu đồng bộ. Đây là những cản trở lớn cho các doanh nghiệp hoạt động khoáng sản khi chuyển đổi từ mô hình kinh tế truyền thống sang mô hình kinh tế tuần hoàn, kinh tế xanh

Tài liệu tham khảo

1. Công ty cổ phần Đầu tư xuất nhập khẩu Tây Đô, 2024. Phương án thu hồi và sử dụng đá thải làm vật liệu san lấp và vật liệu XDĐT tại mỏ chì - kẽm Nông Tiến, Phường Nông Tiến, xã Tràng Đà, thành phố Truyền Quang, tỉnh Tuyên Quang.

2. European Environment Agency (EEA), 2012. Environmental indicator report 2012: Ecosystem resilience and resource efficiency in a green economy in Europe

Copenhagen: European Environment Agency.

3. Kazdan A.B., 1977. Prospecting and Exploration of mineral deposits. Nedra Publishers, Moscow. (in Russian)

4. Lee K. and Cha J., 2018. Recent developments in Korea's Framework Act on Resource Circulation: toward a resource-circulating society. Journal of Material Cycles and Waste Management.

5. Pogrebinski E.O. and Trnovoi O.I, 1974. Đánh giá kinh tế địa chất các mỏ khoáng sản, Nxb Nedra, Moskova.

6. Bùi Quang Trung và Phạm Hữu Năm, 2020. Một số giải pháp thúc đẩy phát triển nền kinh tế tuần hoàn tại Việt Nam, Tạp chí Tài chính Kỳ 2 - Tháng 6/2020.

7. Nguyễn Sỹ Tĩnh, 2021. Chính sách phát triển kinh tế tuần hoàn tại Việt Nam.

8. Tổng Công ty Khoáng sản Vinacomin, 2023. Báo cáo kết quả sản xuất kinh doanh.

9. Tổng Công ty Khoáng sản TKV, 2024. Phụ lục Báo cáo kết quả tuyển quặng đồng mỏ Vi Kẽm, xã Cốc Mỹ, huyện Bát Sát, tỉnh Lào Cai.

10. Viện Chiến lược Chính sách Tài nguyên và Môi trường, 2020. Hội thảo tham vấn “Kết quả nghiên cứu về kinh tế tuần hoàn và một số đề xuất chính sách”, 2020.

Ngày nộp: 13/10/2025

Ngày chấp nhận đăng: 22/12/2025