

**PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL WORKSHOP ON ADVANCES IN
SURFACE MINING FOR ENVIRONMENTAL PROTECTION AND SUSTAINABLE
DEVELOPMENT 17 OCTOBER 2025, HA NOI, VIET NAM**



**THE 60th ANNIVERSARY
OF SURFACE MINING EDUCATION**

ADVANCES IN SURFACE MINING FOR ENVIRONMENTAL PROTECTION AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT-2025 (ASMES - 2025)



TRANSPORT PUBLISHING HOUSE, HA NOI, VIET NAM

TABLE OF CONTENTS

No.	AUTHORS	PAPER	PAGES
1.	Xuan-Nam Bui, Tran Quang Hieu, Nguyen Anh Tuan, Do Ngoc Hoan, Nguyen Phu Vu, Le Van Quyen	Training and Scientific Research Orientation in Surface Mining: Steadfast Integration, Reaching New Heights in the Modern Era	1-14
2.	Nguyen Anh Tuan, Pham Van Viet, Pham Van Hoa, Do Ngoc Hoan, Tran Dinh Bao	Stone in Vietnam: Building stone, rock fill and armourstone in construction for Sustainable Development	15-23
3.	Xuan-Nam Bui, Carsten Drebenstedt, Nguyen Hoang, Nguyen Van Duc, Tran Quang Hieu, Nguyen Quoc Long, Le Ngoc Ninh	Smart Mining - Opportunities and Challenges for Vietnam's Mining Industry	24-41
4.	Lai Hong Thanh, Mai The Toan, Le Ngoc Ninh, Xuan-Nam Bui	Vietnam's 2024 Law on Geology and Minerals: Opportunities and Challenges for the Mining Industry	42-55
5.	Le Thi Thu Hoa, Nguyen Hoang, Tran Quang Hieu, Tran Dinh Bao, Le Qui Thao, Nguyen Truc Anh, Atrushkevich Victor, Xuan-Nam Bui	Some Technological Approaches, Optimization Strategies, and Sustainable Development Directions for Selective Mining in Vietnam's Open-Pit Coal Mines	56-66
6.	Le Qui Thao, Do Ngoc Le Dung, Nguyen Thi Thuc Anh, Do Ngoc Hoan, Xuan-Nam Bui	Some Technological Orientations for Safe and Environmentally Friendly Mining Technology of Coastal Placer Titanium Deposits in Vietnam	67-83
7.	Tran Quang Hieu, Nguyen Van Duc, Xuan-Nam Bui, Trinh Hai Son, Bui Hoang Bac	Sustainable Rare Earth Mining Technologies: Global Trends and a Tailored Model for Vietnam's Development	84-98
8.	Tran Quang Hieu, Xuan-Nam Bui, Le Ngoc Ninh, Bui Hong Quang, Nguyen Van Hai	The management and utilization of industrial explosives in Vietnam: Achievements, opportunities, challenges, and future development orientations.	99-110
9.	Thang Dam Trong, Duc Ngo The	Experimental investigation on the influence of water saturation on the propagation velocity of blasting stress waves	111-123
10.	Nguyen Dinh An, Tran Dinh Bao	Controlling Harmful Impacts of Rock Blasting for Construction Site Preparation in Ha Giang Province, Vietnam	124-136
11.	Ngo Ngoc Thuy, Dam Trong Thang	A Study on Mitigating Air Shock Wave Intensity in Surface Blasting for Rock Fragmentation Using Sand Cover Layers	137-148
12.	Van-Viet Pham, Pirat Jaroonpattanapong, Nguyen Anh Tuan, Van -Hoa Pham	Prediction of an appropriated powder factor used for blasting under the consideration of blast direction and rock mass quality	149-163
13.	Tung Lam Vu, Quang Hieu Tran, Trong Hieu Vu	Investigation and Analysis for the Selection of an Appropriate Method to determine Rock fragmentation from Experimental Data	164-175
14.	Do Ngoc Hoan, Tran Quang Hieu, Tran Dinh Bao	Achievements and Challenges in Occupational Safety and Health Management in the Mineral Mining industry in Vietnam	176-189
15.	Lam Kieu Anh, Tran Quang Hieu, Do Ngoc Hoan, Nguyen Anh Tho, Do Thi Lan Chi	Assessment and Control of Fire and Explosion Risks in Industrial Explosives Storage Facilities	190-209

• 16.	Do Van Trieu, Tran Dinh Bao, Dang Tien Anh, Dinh Ba Lam, Nguyen Van Hoang	Overview of Carbon Storage Technologies in Mine Waste Rock: Opportunities and Challenges for TKV Open-Pit Mines	210-223
17.	Do Thi Lan Chi, Vu Van Thu, Do Ngoc Hoan	Safety Culture In Enterprises: An Assessment And Intervention Framework Based On A Multi-Model Approach	224-233
18.	Xuan-Nam Bui, Thi-Tam Nguyen, Ngoc-Ninh Le, Duc-Tin Quach, Quang-Hieu Tran, Chang-Woo Lee, Van-Trieu Do, Van-Duc Nguyen	Decarbonizing Vietnam's Open-Pit Coal Mining: A Life Cycle Case Study of Emissions and Mitigation Pathways	234-248
19.	Tuan-Ngoc Le, Nguyen Truc Anh, Hoang Nguyen, Xuan-Nam Bui	Predicting PM2.5 Concentrations in an Open-Pit Copper Mine Using Advanced AI Techniques: Insights from the Sin Quyen Copper Mine, Vietnam	249-268
20.	Léopold Dupuy, Nguyen Mai Anh, Hoang Nguyen	Soil Organic Carbon Assessment and Prediction in Rehabilitated Open-Pit Mining Areas Using GIS and Machine Learning: Insights from France	269-290
• 21.	Tran Dinh Bao, Vu Van Thu	Analysis, evaluation, and proposal of solutions to enhance the effectiveness of occupational safety and health practices in Vietnam in the current period	291-312
22.	Do Duc Thanh, Ngo Thanh Tuan	Impact of large capacity solar power sources when connected near high-voltage power system supplying electricity to mining areas	315-320
23.	Nguyen Hoang Long, Xuan-Nam Bui, Tran Thi Hai Van, Dinh Bao Ngoc, Tran Truong Giang	Development of a Management and Monitoring System for Production Activities in Open-Pit Quarries in Vietnam	321-328
24.	Dam Trong Thang, Nguyen Chi Ta, Vu Chong Hieu, Le Hong Hai	Improvement of the Method for Determining the Specific Explosive Consumption for Rock Destruction under Water by a Charge in a Borehole, Based on the Rock Failure Mechanism Induced by Reflected Stress Waves	329-342
25.	Nguyen Van Tinh, Dam Trong Thang, Le Sy Thuong, Tran Quang Hieu	Study of the calculation, design, and fabrication of rational small explosive charges for experimental research on soil and rock blasting using miniature models	343-358
26.	Nguyen V.H, Dam T.T, Nguyen V.I, Tatarinov V.V, Tran V.L	Experimental Study of Noise Reduction Solutions in an Electric Explosion Device Model	359-374
27.	Nguyen Manh Thuong, Dam Trong Thang, Ta Quang Yen	Esearch, Fabrication and Testing of an Assembled Floating Working Platform for Underwater Drilling of Blast Holes in Marine Conditions in Quang Ninh Province	375-385
28.	Nguyen Anh Tuan, Do Ngoc Hoan, Pham Van Viet, Tran Quang Hieu	Proposing fundamental criteria for open-pit mining to ensure efficiency, sustainability, and climate change adaptation in Vietnam	386-395
29.	Tran Quang Hieu, Nguyen Anh Tuan, Do Ngoc Hoan, Xuan -Nam Bui, Nguyen Van Duc	The future of open-pit mining in Vietnam: opportunities, challenges, and pathways to sustainability	396-412
30.	Le Duc Phuong , Do Ngoc Hoan, Phi Trung Kien	Methodology for rational determination of ultimate pit limits for monometallic and polymetallic mines managed by TKV	413-422
• 31.	Nguyen Anh Tuan, Pham Van Viet, Tran Trung Anh, Nguyen Van Tinh, Tran Dinh Bao, Pham Minh Tu, Noe lie Escutenaire	Run-of-mine ore quality homogenization: Application for mining conditions of block 24-122, Tan Rai bauxite mine, Tay Nguyen	423-431

- 32. Nguyen Anh Tuan, Pham Van Viet, Tran Trung Anh, Tran Dinh Bao, Pham Van Hoa Hoa, Phạm Minh Tu, Noelle Escutenaire Bauxite ore grade model: construction of a resource and grade distribution map for block 24-122, Tan Rai bauxite mine 432-440
- 33. Khuong The Hung, Bui Hoang Bac Vu The Thu Sustainable development of apatite ore at the Coc mine, Lao Cai province based on a comprehensive assessment of geological conditions and mining status 441-447
- 34. Le Ba Phuc, Do Van Trieu, Dang Tien Anh, Tran Dinh Bao Study on developing a method for monitoring the load model on dump trucks transporting overburden at open-pit mines for digital transformation 448-459
- 35. Do Ngoc Tuoc, Nhu Viet Tuan, Trinh Thi Phuong Assessment of the Potential for Microbial Underground Coal Biogasification in the Red River Delta Coal Basin 460-469
- 36. Dam Quang Sang, Nguyen Van Tinh, Hoang Trung Huu, Nguyen Ngan, Tran Van Dung, Tran Quang Hieu Method for Determining Detonator Parameters for Blasting in Open-Pit Mines in Vietnam 470-479
- 37. Pham Van Hoa, Tran Van Dung, Hoang Anh Phong, Trinh Quang Trung, Le Van Quyen, Duong Thanh Trung, Tran Dinh Bao, Tran Quang Hieu, Nguyen Anh Tuan, Nguyen Dinh An, Pham Van Vie Drilling and blasting operations management system – designed to meet digital transformation requirements and adapted to practical conditions of Open-Pit coal mines in Quang Ninh region 480-490
- 38. Doan Van Thanh, Do Van Trieu, Dinh Ba Lam, Tran Dinh Bao Study on simulating the propagation of blasting stress waves in water-saturated rock and soil conditions at coal mines under TKV 491-500
- 39. Hoang Manh Thang, Doan Van Thanh, Dinh Ba Lam, Dang Tien Anh Research on Non-Explosive Rock Breaking Methods for Open-Pit Mines in Vietnam 501-510
- 40. Luu Van Thuc, Do Van Trieu, Le Ba Phuc, Le Thi Thu Hoa The necessity of researching and developing a monitoring database and a slope stability warning program for pit walls and waste dumps using digital models integrated with artificial intelligence (AI) for open-pit mines under TKV 511-520
- 41. Dao Van Chi , Vu Thai Tien Dung, Phan Mai Linh International experience in mainstreaming environmental protection into mineral resource development and implications for Vietnam 521-527
- 42. Phạm Anh Hai , Nguyen Anh Tuan, Trinh Van Hiep, Pham Hong Thai, Dang Anh Duc Application of CCUS Technology in TKV Thermal Power Plants: Potentials and Prospects (Part I) 528-538
- 43. Nguyen Anh Tuan, Nguyen Xuan Tu, Pham Van Viet, Do Anh Son, Ngo Thanh Tuan, Nguyen Tien Hung. Impact assessment of open-pit mining on underground mine structures: A case study of coking coal mining, Bac Lang Cam, Thai Nguyen provinc 539-556
- 44. Nguyen Dinh An , Nhu Van Bach, Tran Dinh Bao Real - Time Blasting Plans Generation Using Artificial Intelligence: Improving Efficiency and Safety in Mining Blasting Operations 557-564



ASMES - 2025

www.khaithaclathien.edu.vn



The future of open-pit mining in Vietnam: opportunities, challenges, and pathways to sustainability

Tran Quang Hieu^{1,2,3,*}, Nguyen Anh Tuan^{1,2,3}, Do Ngoc Hoan^{1,2,3}, Xuan-Nam Bui^{2,3,4,5}, Nguyen Van Duc^{3,6}

¹ Hanoi University of Mining and Geology, Hanoi, Vietnam

² Vietnam Association of Mining Science and Technology, Hanoi, Vietnam

³ Vietnam Blasting Engineering Association, Hanoi, Vietnam

⁴ Laboratory of Sustainable Development in Natural Resources and Environment, Institute for Advanced Study in Technology, Ton Duc Thang University, Ho Chi Minh City, Vietnam

⁵ Faculty of Environment and Labour Safety, Ton Duc Thang University, Ho Chi Minh City, Vietnam

⁶ Vietnam Institute of Geosciences and Mineral Resources, Hanoi, Vietnam

ABSTRACT

Vietnam possesses a diverse and abundant reserve of mineral resources, including rare earth elements, titanium, coal, bauxite, and construction-grade stone—critical raw materials that underpin industrialization, economic modernization, and sustainable growth. In the context of global energy demands and strategic resource competition, open-pit mining continues to play a central role in Vietnam's mining industry. However, this sector is facing significant challenges, including resource depletion, environmental degradation, greenhouse gas emissions, and increasingly stringent sustainability requirements. This paper provides a comprehensive analysis of both the opportunities and the critical challenges associated with open-pit mining activities in Vietnam today and in the foreseeable future. Based on a review of current practices and emerging trends, the authors propose strategic directions to enhance operational efficiency, reduce environmental impacts, and support a transition toward more sustainable and environmentally responsible mining practices. Emphasis is placed on the integration of advanced technologies, modern management frameworks, and innovation-driven policy instruments within the mining sector.

Keywords:

Open-pit mining; Sustainable mining; Mineral resources; Eco-friendly mining technologies; Environmental impact mitigation.

* Corresponding author

E - mail: tranquanghieu@humg.edu.vn



ASMES - 2025

www.khaithaclathien.edu.vn



Tương lai ngành khai thác mỏ lộ thiên tại Việt Nam: Cơ hội, thách thức và các định hướng phát triển bền vững

Trần Quang Hiếu^{1,2,3,*}, Nguyễn Anh Tuấn^{1,2,3}, Đỗ Ngọc Hoàn^{1,2,3}, Bùi Xuân Nam^{2,3,4,5}, Nguyễn Văn Đức^{3,6}

¹ Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội, Việt Nam

² Hội Khoa học và Công nghệ mỏ Việt Nam, Hà Nội, Việt Nam

³ Hội Kỹ thuật nổ mìn Việt Nam, Hà Nội, Việt Nam

⁴ Phòng Phát triển Bền vững Tài nguyên và Môi trường, Viện Công nghệ Tiên tiến, Trường Đại học Tôn Đức Thắng, Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

⁵ Khoa Môi trường và An toàn Lao động, Trường Đại học Tôn Đức Thắng, Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

⁶ Viện khoa học Địa chất và Khoáng sản Việt Nam, Hà Nội, Việt Nam

TÓM TẮT

Việt Nam có nguồn tài nguyên khoáng sản phong phú và đa dạng, bao gồm đất hiếm, titan, than, bauxite và đá làm vật liệu xây dựng – những nguyên liệu thiết yếu cho quá trình công nghiệp hóa, hiện đại hóa và tăng trưởng bền vững. Trong bối cảnh nhu cầu năng lượng toàn cầu và cạnh tranh chiến lược về tài nguyên gia tăng, khai thác mỏ lộ thiên tiếp tục giữ vai trò chủ đạo trong ngành công nghiệp khai khoáng của Việt Nam. Tuy nhiên, lĩnh vực này đang đối mặt với nhiều thách thức lớn như suy giảm trữ lượng, suy thoái môi trường, phát thải khí nhà kính và các yêu cầu ngày càng khắt khe về phát triển bền vững. Bài báo này phân tích tổng thể những cơ hội và thách thức chính trong hoạt động khai thác mỏ lộ thiên tại Việt Nam hiện nay và trong tương lai. Trên cơ sở đánh giá các xu hướng và thực tiễn gần đây, nhóm tác giả đề xuất các định hướng chiến lược nhằm nâng cao hiệu quả khai thác, giảm thiểu tác động tiêu cực đến môi trường và thúc đẩy quá trình chuyển đổi sang mô hình khai thác thân thiện và bền vững. Các giải pháp được đề xuất tập trung vào việc ứng dụng công nghệ tiên tiến, mô hình quản trị hiện đại và chính sách hỗ trợ đổi mới sáng tạo trong ngành khai khoáng.

Từ khóa: khai thác mỏ lộ thiên; khai thác mỏ bền vững; tài nguyên khoáng sản; công nghệ khai thác thân thiện môi trường; giảm thiểu tác động môi trường.

1. Mở đầu

Theo Định hướng phát triển năng lượng quốc gia thời kỳ 2021-2030 tầm nhìn đến 2050 (theo Quyết định số 893/QĐ-TTg ngày 26/7/2023 của Thủ tướng Chính phủ phê duyệt Quy hoạch tổng thể năng lượng quốc gia thời kỳ 2021-2030 tầm nhìn đến 2050) [9] cho thấy lĩnh vực khai thác tài nguyên khoáng sản được trú trọng tiên phát triển. Theo thống kê, trên lãnh

thổ Việt Nam đã phát hiện được trên 50 trong số 66 loại khoáng sản phổ biến nhất trong vỏ trái đất với khoảng hơn 5000 mỏ và điểm quặng, trong đó các nhóm nguyên liệu khoáng có mức độ triển vọng như sau: Triển vọng khá (than, apatít, bauxít, đá vật liệu xây dựng, titan, đất hiếm...), triển vọng (vàng, chì - kẽm, thiếc, vonfram, sắt, đồng, antiman, fluorít, cát thủy tinh,...) và triển vọng kém hơn (cao lanh, graphít, mangan, barít, niken, fenspat, điatomit, bentonít,...). Theo phê duyệt chiến lược địa chất, khoáng sản và công nghiệp khai khoáng đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045 là tiếp tục thăm dò các khoáng sản quan trọng chiến lược (urani, đồng, niken, apatit, đất hiếm, kim loại hiếm), ưu tiên thăm dò các mỏ quặng ẩn sâu đáp ứng nhu cầu khai thác, chế biến đối với các khoáng sản có quy mô lớn [10].

Những điều trên tiếp tục khẳng định vai trò đặc biệt của ngành Khai thác mỏ lộ thiên (KTMLT) đối với nền kinh tế vĩ mô, bảo đảm sử dụng hiệu quả tài nguyên và năng lượng, ít carbon, vững chắc an ninh năng lượng quốc gia và thúc đẩy phát triển nhanh, bền vững đất nước, xây dựng nền kinh tế độc lập tự chủ, nâng cao đời sống Nhân dân và bảo đảm quốc phòng, an ninh [3, 4, 5].

Tuy nhiên, để đáp ứng được nhu cầu của nền kinh tế quốc dân và trong tương lai thì ngành KTMLT còn phải đối mặt với không ít những thách thức như điều kiện khai thác ngày càng khó khăn tài nguyên ngày càng cạn kiệt, tình trạng khai thác khoáng sản trái phép, các vấn đề tận thu tối đa tài nguyên, bảo vệ môi trường và phát triển bền vững ngày càng chặt chẽ và nghiêm ngặt hơn. Bài báo này phân tích những cơ hội và thách thức chính trong hoạt động KTMLT tại Việt Nam hiện nay và trong tương lai. Trên cơ sở đánh giá các xu hướng và thực tiễn gần đây, nhóm tác giả đề xuất các định hướng chiến lược nhằm nâng cao hiệu quả khai thác, giảm thiểu tác động tiêu cực đến môi trường và thúc đẩy quá trình chuyển đổi sang mô hình khai thác thân thiện và bền vững. Các giải pháp được đề xuất tập trung vào việc ứng dụng công nghệ tiên tiến, mô hình quản trị hiện đại và chính sách hỗ trợ đổi mới sáng tạo trong ngành khai khoáng.

2. Thực trạng về ngành khai thác mỏ lộ thiên của Việt Nam

2.1. Thực trạng cấp phép khai thác khoáng sản

Theo “Báo cáo tình hình quản lý nhà nước về khoáng sản trên phạm vi toàn quốc năm 2024 của Bộ Nông nghiệp và Môi trường” tính đến hết tháng 12 năm 2024 [1], tổng số Giấy phép thăm dò/khai thác khoáng sản đang còn hiệu lực trên cả nước là 3.566 Giấy phép, trong đó:

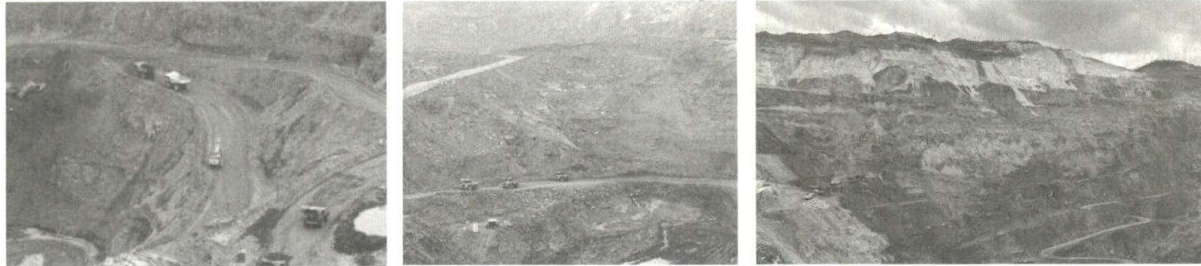
- Số Giấy phép do Bộ Tài nguyên và Môi trường cấp phép còn hiệu lực là 456 Giấy phép, bao gồm: 16 Giấy phép thăm dò khoáng sản và 440 Giấy phép khai thác khoáng sản còn hiệu lực từ năm trước chuyển sang và cấp mới, gia hạn trong năm. Số Giấy phép khai thác hết hiệu lực trong năm: 07 Giấy phép.

- Số Giấy phép do UBND các tỉnh cấp phép còn hiệu lực là 3.110 Giấy phép, bao gồm: 248 Giấy phép thăm dò khoáng sản và 2.862 Giấy phép khai thác khoáng sản còn hiệu lực từ năm trước chuyển sang và cấp mới, gia hạn trong năm. Số Giấy phép khai thác hết hiệu lực trong năm: 204 Giấy phép.

2.2. Thực trạng khai thác than

Tổng sản lượng sản xuất than của cả nước cả năm 2024 đạt 44,3 triệu tấn, giảm 10,06% so với năm 2023; trong đó, sản lượng của tỉnh Quảng Ninh chiếm tỷ trọng cao nhất 85,94% (thu hẹp so với mức 93,85% của năm 2023) [1]. Với quy mô điện than như hiện tại, ước tính than trong nước chỉ đảm bảo cho sản xuất dưới 20% tổng sản lượng điện; các nhà máy còn lại

phải nhập khẩu than, hoặc sử dụng than trộn. Trong số đó có 3 mỏ lớn ở khu vực Quảng Ninh với sản lượng năm trên 2,0 triệu tấn, khai thác khá quy mô với trang thiết bị tương đối hiện đại, đó là các mỏ Cọc Sáu-Đèo Nai, Cao Sơn (Cẩm Phả), Hà Tu (Hòn Gai)…, còn lại là các mỏ vừa và nhỏ hoặc các điểm khai thác lộ vỉa có sản lượng nhỏ hơn 500 ngàn tấn/năm.



Mỏ than Cọc Sáu-Đèo Nai TKV

Mỏ than Cao Sơn - TKV

Mỏ than Hà Tu - TKV

Hình 1. Hình ảnh các mỏ than lộ thiên lớn thuộc TKV cùng Quảng Ninh

Các mỏ lộ thiên lớn vùng Quảng Ninh tiên phong trong ứng dụng công nghệ và chuyển đổi số trong sản xuất và quản lý. Trước áp lực về sản lượng, chi phí và yêu cầu phát triển bền vững, công ty đã triển khai hàng loạt giải pháp sáng tạo như số hóa hồ sơ thiết bị, theo dõi giờ hoạt động, bảo dưỡng, tình trạng kỹ thuật; sử dụng phần mềm chuyên dụng của KOMATSU, CATERPILLAR để phân tích dữ liệu hộp đen, tối ưu hiệu suất; áp dụng GPS giám sát thiết bị, tiết kiệm chi phí; nghiên cứu tự động hóa trạm điện, trạm bơm nhằm nâng cao an toàn. Hiện công ty đang xây dựng hệ thống quản lý thiết bị toàn diện tích hợp AI để dự đoán hỏng hóc, chuyển sang bảo trì chủ động, đồng thời chú trọng đào tạo nhân lực và khuyến khích sáng kiến cải tiến.

Công nghệ khai thác được sử dụng trên các mỏ là hệ thống khai thác (HTKT) dọc một bờ hoặc hai bờ công tác, hào mở vỉa được đào bên vách vỉa than được khấu từ vách sang trụ theo phân tầng, đất đá được bóc toàn tầng với gương bên hông, chiều cao tầng 12÷15 m, chiều rộng mặt tầng từ 35÷60 m, góc nghiêng bờ công tác 16÷18°, một số mỏ sử dụng HTKT có góc nghiêng bờ công tác lớn 24÷32. Đất đá đổ vào bãi thải trong hoặc bãi thải ngoài.

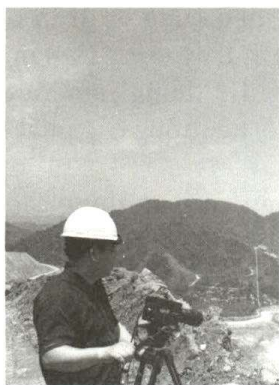
Thiết bị sử dụng trong các khâu công nghệ trên các mỏ bao gồm:

- Các máy khoan xoay cầu CbIII-250, XBS- 250MN (Nga), DML-1600, DM-45LP (Ingersoll Rand) có đường kính 200÷250 mm; máy khoan xoay cầu thủy lực CAT MD6250 (Hoa Kỳ); các máy khoan đập xoay thủy lực PANTERA-1100, PANTERA-1500, TITON-500 (Tamrock), CM-115, CM-117 (Atlas Copco) có đường kính 100÷175 mm;

- Các loại thuốc nổ ANFO thường, ANFO chịu nước, các loại thuốc nổ Nhũ tương rời, nhũ tương bao gói, thuốc nổ AD1; áp dụng công nghệ cơ giới hóa tự động hóa trong sản xuất và nạp thuốc nổ ANFO và NTR bằng các thiết bị trộn nạp chuyên dụng tại các khai trường lộ thiên. Áp dụng phương pháp nổ mìn phi sai phi điện tiên tiến đảm bảo an toàn và hiệu quả.



Hình 2. Máy gạt CAT D155A và Máy khoan xoay cầu CAT MD6250 trên mỏ than lộ thiên-TKV
- Các loại máy ủi có công suất 180÷300 cv như D-8N, D-9N, D-10R (Caterpillar), T-170 (Nga), D-85A (Komatsu) được dùng để thải đá trên bãi thải hoặc làm tơi sơ bộ đất đá khi lấp thêm răng xới



Hình 3. Sử dụng máy quay camera tốc độ cao để giám sát vụ nổ và áp dụng cơ giới hóa nạp mìn trên các mỏ than lộ thiên – TKV

- Các loại máy xúc tay gầu (MXTG) có $E=4,6\div 8\text{ m}^3$ như EKG-4,6B, EKG-5A, EKG-8I (Nga); các loại máy xúc thủy lực gầu thuận (MXTLGT), máy xúc thủy lực gầu ngược (MXTLGN), máy bốc có $E=1,5\div 12\text{ m}^3$ như PC-200, PC-220, PC-650, PC-750, PC-1250, PC-1600, PC-1800 (Komatsu), EX-350, EX-600, EX-750, EX-800 (Hitachi), CAT-330, CAT-345, CAT-365, CAT-375, CAT-5090, CAT-L90C, CAT-992C (Caterpillar) để xúc bốc đất đá và than; Các máy xúc được trang bị hệ thống kiểm soát tình trạng thiết bị hoạt động theo đúng tiêu chuẩn xuất khẩu của Nhà sản xuất Komatsu Nhật Bản, theo dõi hoạt động máy từ xa Komtrax Plus.



Hình 4. Đồng bộ thiết bị Ô tô + MXTL trên mỏ than lộ thiên - TKV

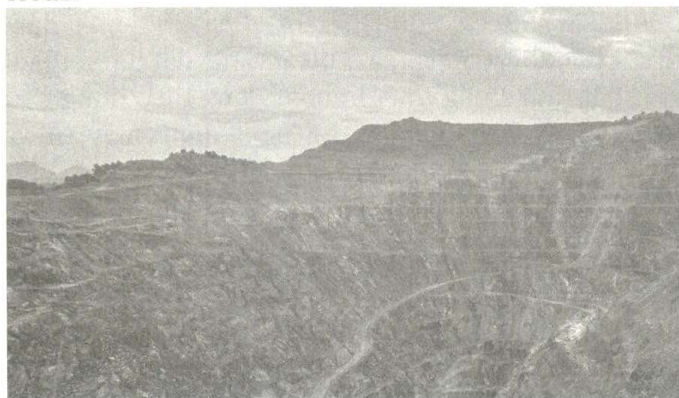
- Các loại ô tô tự đổ có tải trọng từ 12÷130 tấn như KrAZ, KAMAZ, BelAZ-540, BelAZ-548, BelAZ-7522, BelAZ-7527, BelAZ-7555E, BelAZ-7548D (Nga), HD-320-3, HD-325-5, HD-465-5, HD-785-5, HD785-7 (tải trọng 91 tấn) (Komatsu), A30, A35, A40 (VOLVO), CAT-769D, CAT-773E, CAT-777D, (Caterpillar) để vận chuyển đất bóc và than. Xe tải BELAZ 75131 tải trọng 130 tấn chính thức đưa vào hoạt động tại mỏ than Hà Tu từ năm 2019, tuy nhiên do một số lý do mà loại xe này chưa phù hợp với điều kiện khai thác mỏ, không phát huy được hết tính năng, hiệu quả làm việc.

Các mỏ than lộ thiên lớn vùng Quảng Ninh đã đưa vào sử dụng phần mềm CNTT mới (Google Sheets) để ghi biểu, thống kê chuyển trực tuyến cho các phương tiện, thiết bị máy xúc, ô tô hoạt động trong ca sản xuất... Các công ty đẩy mạnh công tác nghiên cứu và ứng dụng thành công các phần mềm phục vụ công tác quản trị doanh nghiệp, quản lý điều hành sản xuất. Nhiều phần mềm đang phát huy hiệu quả tích cực, như: Nhật lệnh sản xuất trực tuyến trên thiết bị di động; Ghi biểu thống kê chuyển xe nước theo cung độ trên Google Sheets; Lập phiếu đề nghị mua, cấp, nhập phế liệu, kế hoạch vật tư; Ứng dụng cấm mốc, đo lỗ khoan bằng GPS cầm tay thay cho phương pháp truyền thống; Hệ thống camera online trên khai trường, GPS, thước đo dầu trên các thiết bị khai thác, ô tô, hệ thống cấp phát nhiên liệu thông qua vòng ring (ring fuel delivery system).

Giai đoạn những năm trở lại đây, TKV đã đẩy mạnh nghiên cứu, áp dụng các phần mềm tính toán khối lượng mỏ, thiết kế, quản lý, điều hành mỏ tương đương các nước có ngành công nghiệp mỏ phát triển như HSMo, Surpac, MineSight...; nghiên cứu, thử nghiệm, tiến tới áp dụng hệ thống cấp phát, giám sát nhiên liệu tự động.

2.2. Thực trạng khai thác quặng

Hiện nay ở Việt Nam có đến hàng trăm điểm khai thác quặng lộ thiên, như các mỏ khai thác quặng Apatit ở Cam Đường - Lào Cai (trữ lượng 2,5 tỷ tấn); quặng sắt tại Trại Cau - Thái Nguyên, Ngườm Cháng - Cao Bằng; các mỏ quặng chì kẽm ở Chợ Đồn - Bắc Kạn, Lay Hít - Thái Nguyên và một số mỏ khác thuộc các tỉnh Tuyên Quang, Hà Giang, Yên Bái, Thanh Hoá,... quặng đồng có các mỏ lớn, điển hình như mỏ đồng Sin Quyền - Lào Cai (có trữ lượng trên 50 triệu tấn), mỏ đồng-niken Bản Phúc; quặng Crômít điển hình có ở Cổ Định - Thanh Hoá...



Hình 5. Mỏ Đồng Sin Quyền – Lào Cai



Hình 6. Mỏ Đồng Ta Phời – Lào Cai

Công nghệ khai thác được sử dụng trên các mỏ là HTKT dọc một bờ hoặc hai bờ công tác, đất đá đổ vào bãi thải trong hoặc bãi thải ngoài.

Thiết bị sử dụng trong các khâu công nghệ trên các mỏ bao gồm:

- Các máy khoan xoay cầu, $d = 250$ mm, Máy khoan KQG, $d = 152 \div 165$ mm, Máy khoan đập - xoay Sunward đường kính $dk = 165$ mm do Trung Quốc chế tạo và máy khoan đập - xoay Fukukawa đường kính $76 \div 90$ mm để khoan phá mô chân tầng, xử lý đá, quặng quá cỡ, làm đường và công tác phụ trợ khác

- Các loại thuốc nổ ANFO thường, ANFO chịu nước, các loại thuốc nổ Nhũ tương rời, nhũ tương bao gói, NT-13; áp dụng công nghệ cơ giới hóa tự động hóa trong sản xuất và nạp thuốc nổ ANFO và NTR bằng các thiết bị trộn nạp chuyên dụng tại các khai trường lộ thiên. Áp dụng phương pháp nổ mìn phi sai phi điện tiên tiến đảm bảo an toàn và hiệu quả.

- Các loại máy xúc tay gầu (MXTG) có $E = 4,6 \div 8$ m³ như EKG-5A (Nga); các loại máy xúc thủy lực gầu thuận (MXTLGT), máy xúc thủy lực gầu ngược (MXTLGN), máy bốc có $E = 1,5 \div 5$ m³ như CAT-365B, PC600, PC800 để xúc bốc đất đá và quặng.

- Các loại ô tô tự đổ có tải trọng từ $55 \div 60$ tấn như HD465-7R, HD-325, CAT 773E để vận chuyển đất bốc và quặng.

- Các loại máy ủi có công suất $180 \div 300$ cv như D85EX 320 HP, 220 HP, 240 HP được dùng để ủi đá trên bãi thải.



Hình 7. Đồng bộ thiết bị sử dụng trên các mỏ quặng đồng khu vực tỉnh Lào Cai

Bảng 1. Kết quả khai thác một số loại quặng năm 2024 [1]

TT	Loại khoáng sản	Đơn vị tính	Sản lượng khoáng sản nguyên khai
1	Apatit	tấn	4.704.207
2	Đồng	tấn	3.924.453
3	Thiếc - vonfram	tấn	1.556.312
4	Chì kẽm	tấn	283.142
5	Sắt	tấn	2.008.708
6	Bauxit	tấn	7.727.784
7	Kaolin - felspat	tấn	533.493.756
8	Titan	tấn	170.655
9	Antimon	tấn	6.239.456

Hiện tại, Công ty Cổ phần Cromit Cổ Định Thanh Hóa - Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam đang gặp nhiều khó khăn, đặc biệt là do chưa được chấp thuận chủ trương đầu tư đối với Dự án điều chỉnh khai thác và tuyển quặng cromit tại mỏ Cổ Định từ 40.000 tấn mỗi năm lên 80.000 tấn mỗi năm. Do đó, công ty chưa thể sản xuất được quặng cromit và ferocrom. Trong năm 2024, sản lượng tiêu thụ tinh quặng cromit (tồn kho từ các năm trước) chỉ đạt 300 tấn, tương đương 7,9 phần trăm so với kế hoạch năm.

Quặng bauxite có ở các tỉnh Kontum, Đắk Lắk, Lâm Đồng, Bình Dương, Hà Giang, Cao Bằng nhưng nhiều nhất tập trung ở Tây. Tập đoàn Công nghiệp Than-Khoáng sản Việt Nam (TKV) cho biết năm 2025 đã giao cho Công ty Nhôm Đắk Nông kế hoạch sản xuất kinh doanh với các chỉ tiêu chính như: Sản lượng quặng nguyên khai là 4,08 triệu tấn, sản lượng quặng tinh là 1,69 triệu tấn, sản lượng nhôm quy đổi là 650.000 tấn; Công ty Nhôm Lâm Đồng - TKV đặt mục tiêu sản lượng quặng nguyên khai khai thác đạt 4.300.000 tấn, sản xuất nhôm quy đổi đạt 650.000 tấn, nhôm tiêu thụ đạt 600.000 tấn.

Các mỏ quặng Bauxite áp dụng công nghệ khai thác phù hợp với hệ thống khai thác dọc, một bờ công tác, có vận tải, sử dụng bãi thải trong kết hợp hoàn thổ theo dạng cuốn chiếu giúp giảm tối đa ảnh hưởng của hoạt động khai thác đến môi trường mỏ, đẩy nhanh quá trình hoàn thổ, phục hồi môi trường [2]; Nghiên cứu đưa vào sử dụng ô tô khung mềm trong vận chuyển đất đá, quặng để nâng cao năng lực vận tải trong điều kiện thời tiết mưa kéo dài tại khu vực Tây Nguyên, kết hợp với sử dụng sơ đồ công nghệ xúc bốc, mô hình chất thải phù hợp...



Hình 8. Mỏ quặng Bauxite tại Công ty Nhôm Đắk Nông



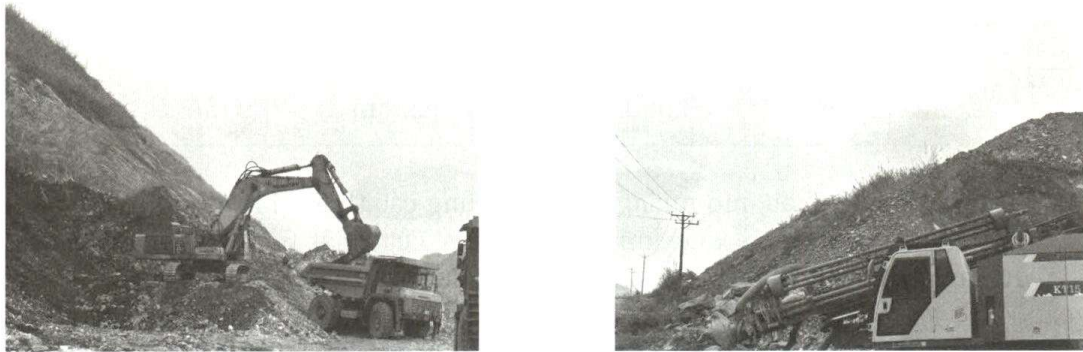
Hình 9. Mỏ quặng Bauxite tại Công ty Nhôm Lâm Đồng

Ngoài ra, còn có hàng chục mỏ sa khoáng ven biển như inmenít (Titan), zircon, rutin, môganít, mônazít,... ở Bàu Dồi, Chùm Giăng - Bình Thuận, Na Hoe, Cây Trâm - Thái Nguyên và rải rác ở các tỉnh Quảng Ninh, Thanh Hoá, Hà Tĩnh, Quảng Bình, Quảng Trị, Thừa Thiên Huế, Bình Định, Phú Yên, Vũng Tàu,... Tuy nhiên, đa phần các mỏ quặng này đang khai thác với qui mô nhỏ thiết bị tương đối lạc hậu và chưa đồng bộ.

Mặc dù mỏ Apatít Lào Cai là một mỏ KTLT tương đối có quy củ trong khai thác quặng nhưng đồng bộ thiết bị hiện nay vẫn còn khá khiêm tốn, bao gồm các máy khoan đập BMK-4M, XVB-2M, XBU-100G (Nga); các MXTG EKG-5A, E-2503, E-1001 (Nga); các máy xúc thuỷ lực (MXTL) PC-450, PC-600 (Komatsu - Nhật Bản); các ô tô KrAZ, KAMAZ, BelAZ-540A (Nga); máy ủi T-130 và C-300 (Nga).

Nhìn chung các mỏ khai thác quặng đều sử dụng các thiết bị có công suất nhỏ, lạc hậu, không đồng bộ dẫn đến thực tế là chưa đáp ứng được sản lượng yêu cầu, gây tổn thất

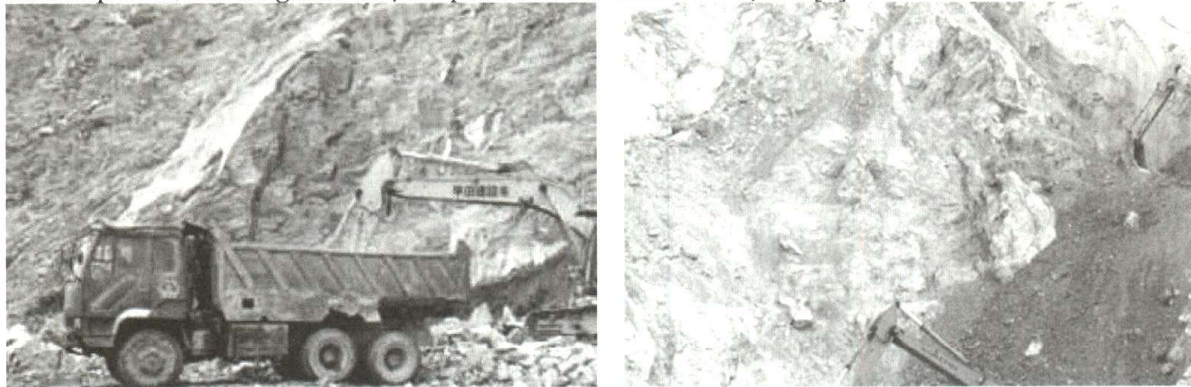
tài nguyên và ảnh hưởng nghiêm trọng tới môi trường sinh thái đặc biệt là ở các mỏ sa khoáng.



Hình 10. Đồng bộ thiết bị khai thác tại mỏ Apatit – Lào Cai

2.3. Thực trạng khai thác khoáng sản làm vật liệu xây dựng (VLXD)

Theo thống kê, hiện nay ở nước ta có khoảng trên 600 khu vực khai thác VLXD các loại với sản lượng hơn 30 triệu m³ đá và hàng trăm triệu m³ cát sỏi mỗi năm, tập trung phần lớn ở các tỉnh phía Bắc và rải rác ở các tỉnh phía Nam. Các mỏ khai thác VLXD rất khác nhau về qui mô, công nghệ khai thác, thiết bị sử dụng,... Xét về góc độ công nghiệp và qui mô khai thác, có thể chia các mỏ VLXD ở nước ta thành hai nhóm chính là nhóm các mỏ áp dụng công nghệ khai thác cơ giới theo lớp bằng hoặc lớp xiên, vận tải trực tiếp hoặc xúc chuyển và nhóm các mỏ áp dụng công nghệ khai thác bán cơ giới hoặc thủ công, khai thác theo lớp xiên, cắt tầng nhỏ hoặc lớp xiên khẩu theo kiểu tự do [6].



Hình 11. Hoạt động khai thác đá VLXD ở Việt Nam

Bảng 2. Kết quả khai thác một số loại khoáng sản VLXD năm 2024 [1]

TT	Loại khoáng sản	Đơn vị tính	Sản lượng khoáng sản nguyên khai	TT	Loại khoáng sản	Đơn vị tính	Sản lượng khoáng sản nguyên khai
1	Đá hoa trắng, đá vôi bột	m ³	12.928.496	7	Vật liệu san lấp	m ³	442.122.982
2	Đá vôi XM	tấn	33.450.989	8	Cát trắng	m ³	1.967.183

3	Đá sét XM	tấn	3.533.644	9	Thạch anh	tấn	70.837
4	Đá vôi làm VLXDTT	m ³	29.949.379	10	Đá các loại làm VLXDTT	m ³	70.096.292
5	Cát sỏi	m ³	107.204.432	11	Antimon	tấn	6.239.456
6	Sét gạch ngói	m ³	3.808.667	12	Puzolan	tấn	2.980.686

Nếu như các mỏ than, mỏ quặng đang sử dụng các thiết bị lớn, tương đối hiện đại, đồng bộ như máy khoan đập - xoay khí nén, thủy lực của Nhật Bản, Thụy Điển, Phần Lan, Mỹ,... có đường kính 75-175 mm, các máy khoan xoay cầu có đường kính tới 250 mm của Nga; các MXTL và máy bốc có E=1-5 m³ của các hãng Komatsu, Hitachi, Samsung, Hyundai, Caterpillar,... thì ở các mỏ VLXD chủ yếu dùng các thiết bị nhỏ, lạc hậu như các máy khoan cầm tay có đường kính 32-46 mm; các máy xúc điện và MXTLGN có E=0,5-1,0 m³; các ô tô có tải trọng 5-10 tấn, đôi chỗ còn dùng công nông; thiết bị nghiền sàng có công suất nhỏ chủ yếu của Trung Quốc. Công tác khoan nổ mìn áp dụng các phương pháp nổ mìn bằng dây nổ, nổ mìn điện và vi sai phi điện với các loại thuốc nổ chủ yếu loại ANFO, Nhũ tương, AD-1. Việc các mỏ VLXD áp dụng các đồng bộ thiết bị này có nguy cơ cao về mất an toàn lao động cho người và thiết bị, ảnh hưởng nghiêm trọng tới môi trường sinh thái và cảnh quan khu vực.

4. Những thời cơ và thách thức hiện nay của ngành KTMLT Việt Nam

4.1. Những thời cơ

Có thể khái quát những thuận lợi và xu hướng tích cực của thế giới cũng như trong nước đối với ngành KTMLT như sau:

- *Nhu cầu thị trường trong nước và quốc tế tăng cao:*

Trong bối cảnh chuyển đổi năng lượng xanh, dịch chuyển năng lượng từ các nguồn nhiên liệu hóa thạch sang năng lượng sạch không còn là xu hướng mang tính khuyến nghị, mà đã trở thành yêu cầu cấp thiết và bắt buộc trong bối cảnh biến đổi khí hậu toàn cầu, an ninh năng lượng suy giảm và cam kết trung hòa carbon của hầu hết các quốc gia. Đối với Việt Nam, để đạt mục tiêu phát thải ròng bằng 0 vào năm 2050, nhu cầu đối với các khoáng sản thiết yếu như lithium, nickel, cobalt, đất hiếm và đồng sẽ tăng từ 3 -7 lần so với mức hiện tại, đặc biệt là trong các lĩnh vực pin lưu trữ, xe điện và hạ tầng năng lượng tái tạo. Do vậy, Ngành KTMLT sẽ có vai trò quan trọng đối với phát triển kinh tế, đóng góp quan trọng vào GDP và ngân sách nhà nước, là chìa khóa để phát triển bền vững, khai thác hiệu quả tài nguyên và đưa Việt Nam từng bước tiến vào kỷ nguyên công nghiệp năng lượng xanh.

- *Áp dụng công nghệ khai thác tiên tiến và công nghệ thông tin:*

Những năm gần đây, những máy khoan đường kính lớn, hiện đại bắt đầu xuất hiện. Nhiều hãng lớn như Ingersoll-Rand, Bucyrus-Erie, Tamrock... sản xuất máy khoan xoay cầu đường kính 160-380 mm, sâu tới 55 m, có điều khiển tự động; xu thế mới còn có máy khoan xoay cầu-nhiệt đường kính 400 mm, sâu 19 m mà không phải nổi cũng là một xu thế mới. Một số dòng máy khoan tự hành có tích hợp GPS và hệ thống điều khiển tự động phổ biến trong khai thác mỏ lộ thiên hiện nay gồm: Máy khoan Epiroc Pit Viper series (PV-271, PV-351) – tích hợp hệ thống AutoDrill và định vị GPS để khoan chính xác theo lưới, máy khoan Sandvik DR412i /DR416i – dùng GPS + hệ thống iSeries để khoan tự động và giám sát từ xa, máy khoan CAT MD6250 – hỗ trợ Cat Terrain for drilling (GPS-based guidance)

đảm bảo vị trí và độ sâu chính xác, máy khoan Komatsu ZT44 – khoan tự hành với điều khiển GPS và giám sát qua IoT.

Hiện nay ở các chủ yếu sử dụng thuốc nổ ANFO, AD1 và các loại thuốc nổ nhũ tương với các đặc trưng năng lượng nổ trung bình như: NTLĐ, NTLĐ2, P113,.. dùng để nổ mìn cho các mỏ hầm lò không có khí bụi nổ và dùng cho mỏ lộ thiên. Khi sử dụng các loại thuốc nổ này khả năng, hiệu quả phá vỡ đất đá cứng trong nổ mìn còn chưa cao, chỉ tiêu thuốc nổ còn lớn do năng lượng nổ của thuốc nổ mới ở dạng trung bình. Để làm mìn nổ trong nổ mìn lộ thiên hiện nay 100% đang dùng mìn nổ năng lượng cao dạng đúc với thành phần chủ yếu là TNT, như mìn nổ năng lượng cao: VE05A, MN31, TMN-15H.... Ưu điểm của các loại mìn này là kích nổ tốt các loại thuốc nổ kém nhạy như ANFO, NTR, các loại thuốc nổ kém nhạy khác..., dễ sử dụng. Do vậy, thuốc nổ nhũ tương năng lượng cao HPEX-01 sử dụng tốt để làm mìn nổ thay thế mìn nổ năng lượng cao Pentolite (không chứa các chất nhạy nổ, không nhạy với va chạm và ngọn lửa) do đó quá trình thi công nổ mìn an toàn hơn, ít độc hại hơn, giá thành rẻ hơn, sẽ mang lại hiệu quả kinh tế cao nhưng vẫn có năng lượng nổ cao. Đi kèm với các loại chất nổ trên, hàng loạt các phương tiện nổ hiện đại như nổ mìn phi điện hoặc nổ mìn điện với kíp nổ điện tử, cho phép thiết kế các sơ đồ nổ vi sai tới từng lỗ khoan với thời gian giãn cách từ 1-2 ms; giảm được tối đa biên độ cực đại của sóng chấn động nổ mìn so với khi điều khiển bằng kíp điện thông thường.

Ngoài phương pháp phá vỡ đất đá bằng công nghệ khoan-nổ mìn truyền thống, nhiều mỏ lộ thiên trên thế giới trong thời gian gần đây đã sử dụng các thiết bị máy xới, máy liên hợp phay cắt, đầu đập thủy lực và máy xúc có cơ cấu răng gầu đặc biệt. Hiện nay, người ta đã chế tạo được những máy xới có trọng lượng làm việc 100-135 tấn, công suất 600-1100 KW, chiều sâu xới 1,6-2,0 m trong đất đá có tốc độ truyền âm dưới 3000 m/s; điển hình như D-10N, D-11N (Caterpillar-Mỹ), D-475A, D-575A (Komatsu-Nhật Bản), T-500P, T-50-01 (Nga),... Làm tơi đất đá bằng máy xới không chỉ có ý nghĩa về mặt môi trường mà nó còn là phương pháp có giá thành chỉ bằng 40% so với phương pháp khoan-nổ mìn.

Máy liên hợp phay cắt của các hãng Wirtgen, Krupp, Man Takraf (Đức), Huron (Mỹ), Voest-Apline (Áo) có thể khâu trực tiếp đất đá có độ bền nén tới 120 MPa mà không cần phải làm tơi sơ bộ. Ưu điểm của nó là giảm được tổn thất và làm bẩn quặng, cỡ hạt đất đá đều, thuận lợi cho vận tải bằng băng tải, nâng cao độ ổn định của bờ mỏ, hạn chế ô nhiễm môi trường, giảm được chi phí xúc bốc-vận tải tới 2-3 lần so với công nghệ truyền thống.

Các đầu đập thủy lực công suất lớn của các hãng Krupp-Berco Bautechnik, Atlas-Copco, Rammer, Furukawa,... đã được trang bị các bộ phận chống rung, chống ồn và bảo vệ để trở thành những phương tiện phá đá có năng suất cao và tiện dụng, ví dụ chiếc HM-4000 của hãng Krupp có thể đạt năng suất 230-680 T/h. Các loại máy xúc có cơ cấu răng gầu đặc biệt lắp các răng gầu tích cực hoặc như một số chiếc MXTG của hãng P&H, Bucyrus-Erie (Mỹ) hoặc một số chiếc MXTL của các hãng Caterpillar, Terex Mining (Mỹ), Komatsu, Hitachi (Nhật Bản), Demag, Liebherr (Đức),... được trang bị những loại gầu xúc đặc biệt, chuyên dụng để xúc bốc các loại đất đá cứng.

Trong những năm gần đây xuất hiện công nghệ phá đá bằng khí CO₂, đây là phương pháp hiện đại thay thế các phương pháp dùng thuốc nổ. Thay vì dùng chất nổ gây nguy hiểm, công nghệ này sử dụng CO₂ lỏng nén ở áp suất cao, CO₂ tạo ra lực nổ mạnh mà không gây rủi ro về an toàn lao động. Công nghệ phá đá bằng CO₂ là giải pháp hiệu quả kinh tế, an toàn và bảo vệ môi trường, tuy nhiên đối với những mỏ lộ thiên lớn thì công nghệ này chưa phải là giải pháp tối ưu.

Công tác xúc bốc và vận tải hiện nay được tăng cường chuyển đổi các thiết bị hoạt động theo chu kỳ bằng những thiết bị hoạt động liên tục đối với các mỏ có điều kiện thích hợp hoặc các khâu phù hợp trong mỏ, đồng thời mở rộng công suất của thiết bị xúc bốc và tăng tải trọng của thiết bị vận tải. Chiếc máy xúc rôto của hãng Krupp tại mỏ than nâu Rheinbraun- Đức là ví dụ điển hình của loại thiết bị xúc bốc liên tục có năng suất cao trên thế giới (240.000 m³/ngày). Tuy nhiên, hạn chế cơ bản của loại thiết bị xúc bốc này là chỉ xúc được những loại đất đá mềm, có độ bền nén một trục nhỏ hơn 20 MPa. Các hãng chế tạo máy mỏ như Marion, P&H, Bucyrus-Erie (Mỹ), Uran (Nga),... không ngừng cho ra đời những chiếc máy xúc hiện đại, có dung tích gầu lớn và siêu lớn, có thể xúc được đất đá nguyên khối có mức độ khó xúc 6-10. Điển hình như chiếc MXTG P&H-4100XPB có E=52 m³ đang hoạt động tại mỏ than Wyoming (Mỹ) đã đạt kỷ lục về năng suất bốc đất đá (26,7 triệu m³/năm), hay như chiếc máy xúc gầu treo P&H-2570WS có dung tích gầu tới 120 m³ với chiều dài cần 128m và trọng lượng làm việc lên tới 7271 tấn hoặc chiếc máy xúc tay gầu kiểu bốc đá lớn nhất thế giới Marion Model 6360 có E=138 m³ đang hoạt động tại mỏ Illinois Coal Corp của Mỹ. Đến nay đã xuất hiện nhiều hãng chế tạo MXTL nổi tiếng như Liebherr (Đức), Caterpillar, Terex Mining (Mỹ), Komatsu, Hitachi (Nhật Bản), Akerman, Euclid (Thụy Điển), Polain (Pháp), Samsung, Hyundai (Hàn Quốc),... với hàng trăm loại MXTL có E=0,1-52 m³ và trọng lượng làm việc 1,5-900 tấn. Hiện nay, chiếc RH-400 của Terex Mining có E=52 m³, trọng lượng làm việc 900 tấn và CAT 6090 FS có E=52 m³, trọng lượng làm việc 1102 tấn chiếc PC8000-6 của Komatsu có E=38 m³, trọng lượng làm việc 720 tấn là những chiếc MXTLGT và MXTLGN lớn nhất thế giới [3, 4].

Bên cạnh các thiết bị xúc bốc ở trên, máy bốc cũng đang được sử dụng rộng rãi trên mỏ lộ thiên với chức năng như một thiết bị xúc bốc chính, đặc biệt đối với các mỏ khai thác VLXD hoặc các mỏ có đất đá cứng nhưng đã được làm tơi tốt; ví dụ điển hình như chiếc WA-1200-3 của Komatsu có E=30 m³, trọng lượng làm việc 200 tấn, chạy bằng bánh lốp đang sử dụng tại công ty Griffin Coal.

Xu hướng sử dụng ô tô tải trọng cao được quan tâm nhằm đảm bảo tính đồng bộ của các thiết bị này. Các hãng chế tạo ô tô lớn hiện nay trên thế giới là Liebherr, Dresser (Đức), Caterpillar, Unit-Rig (Mỹ), Euclid, Volvo (Thụy Điển), Komatsu (Nhật Bản),... với những chiếc ô tô khổng lồ như Liebherr T-282B (360 tấn), CAT-797 (320 tấn), Unit Rig MT5500 (310 tấn),... được trang bị động cơ điện, diesel hoặc động cơ turbo điều khiển điện tử với những hệ thống cảnh báo vận hành đặc biệt. Áp dụng các loại xe tải tự hành (Komatsu FrontRunner 930 E, 980 E; Caterpillar Command for Hauling (Mỹ): CAT 793F, 797F, 794 AC) dùng cho các xe tải siêu trọng (haul truck) tại mỏ lộ thiên, giúp vận chuyển đất đá, quặng mà không cần tài xế ngồi trên cabin, tăng an toàn, giảm rủi ro tai nạn do yếu tố con người, không cần lái xe ngồi trong cabin, tiết kiệm chi phí nhân sự, Giúp tối ưu kế hoạch khai thác và bảo dưỡng thiết bị.

- Đường lối kinh tế của Đảng và Nhà nước kết hợp với sức mạnh nội lực thúc đẩy phát triển ngành KTMLT:

Hệ thống chính sách kinh tế thông qua các bộ luật (Luật Khoáng sản, Luật Môi trường, Luật doanh nghiệp,...) và các văn bản pháp quy dưới luật khác có liên quan tới lĩnh vực hoạt động khoáng sản đã tạo một hành lang pháp lý thông thoáng, giúp cho các doanh nghiệp KTMLT mạnh dạn phát triển, tăng cường đầu tư, liên doanh liên kết với các đối tác trong cũng như ngoài nước, tận dụng mọi cơ hội để mở rộng quy mô sản xuất, làm cho hiệu quả hoạt động khai thác kinh doanh không ngừng được cải thiện.

- *Nguồn nhân lực KTMLT có chuyên môn cao:*

Đóng vai trò động lực cho sự phát triển của ngành KTMLT trước hết phải kể đến đội ngũ giảng viên tại các trường đại học, các cán bộ khoa học kỹ thuật và công nhân lành nghề năng động và tâm huyết với nghề nghiệp, đã biết tiếp thu nhanh chóng những thành tựu về khoa học công nghệ thế giới và vận dụng sáng tạo, điều chỉnh hợp lý cho phù hợp với điều kiện tự nhiên-kỹ thuật và khả năng kinh tế của mình. Bên cạnh đó, còn phải kể đến đội ngũ những người làm công tác quản lý nhạy bén, đã chuyển đổi kịp thời tư duy lãnh đạo để vận hành các quá trình sản xuất kinh doanh của doanh nghiệp mình theo cơ chế kinh tế thị trường ngày một thuần thục.

4.2. Những thách thức

Trong thời gian tới, trước mắt ngành KTLT là những thách thức không nhỏ, đòi hỏi sự phấn đấu và nỗ lực của toàn ngành, đó là:

- Các mỏ than lộ thiên ngày càng khai thác xuống sâu, làm xuất hiện các vấn đề cần giải quyết như: ổn định bờ mỏ các khai trường sâu trong điều kiện địa chất mỏ phức tạp; công nghệ vận tải và thiết bị sử dụng hợp lý cho các mỏ lộ thiên sâu; qui hoạch đổ thải, đặc biệt là của khu vực than Cẩm Phả và Hòn Gai, các mỏ quặng khu vực Lào Cai, hệ thống thoát nước và công nghệ xử lý nước thải; vấn đề môi trường, an toàn vệ sinh lao động và xây dựng mô hình sản xuất sạch hơn và thân thiện với môi trường,...

- Các mỏ khai thác quặng lộ thiên, tuy qui mô và sản lượng chưa lớn nhưng các vấn đề về công nghệ khai thác, đồng bộ thiết bị, tổn thất tài nguyên và làm nghèo quặng trong quá trình khai thác, đặc biệt là vấn đề bảo vệ môi trường và phát triển bền vững đang là những bức xúc, nhất là đối với những mỏ quặng Bauxite, mỏ sắt Thạch Khê, mỏ Cromit Cổ định và các mỏ khai thác sa khoáng trong thời gian tới.

- Các mỏ khai thác VLXD, đặc biệt là các mỏ có công nghệ khai thác gặp rất nhiều khó khăn trong việc duy trì các thông số của HTKT, nâng cao năng suất thiết bị, đảm bảo an toàn vệ sinh lao động và bảo vệ môi trường sinh thái.

- Phần lớn các doanh nghiệp khoáng sản hiện nay vẫn hoạt động theo mô hình khai thác, chế biến thô, giá trị gia tăng thấp, ứng dụng CNTT vào quản lý khai thác mỏ còn hạn chế, công nghệ lạc hậu và thiếu năng lực kết nối với chuỗi cung ứng toàn cầu với hơn 70% khoáng sản xuất khẩu hiện nay vẫn dưới dạng tinh quặng hoặc chưa qua chế biến sâu, khiến Việt Nam bị yếu thế trong chuỗi giá trị khoáng sản năng lượng và phụ thuộc vào biến động giá cả thế giới.

5. Các định hướng phát triển bền vững trong thời gian tới của ngành KTMLT trong tương lai

Để thoả mãn nhu cầu tăng trưởng nói trên, ngành KTMLT trong những năm tới phải đối mặt với những thách thức lớn như: Tài nguyên ngày càng cạn kiệt, nhất là ở phần trữ lượng có chất lượng tốt, có điều kiện khai thác thuận lợi; sức ép về tận thu tối đa tài nguyên, bảo vệ môi trường sinh thái và cảnh quan thiên nhiên ngày một gia tăng; xu thế hội nhập khu vực và thế giới kéo theo sự leo thang giá cả dẫn đến làm tăng chi phí sản xuất và làm giảm ưu thế cạnh tranh sản phẩm trên lợi thế giá công lao động thấp, ... Trước bối cảnh đó, giải pháp tối ưu để ngành KTMLT tiếp tục phát triển giữ được vị thế của mình trong việc đáp ứng nhu cầu nguyên nhiên, vật liệu khoáng sản cho nền kinh tế quốc dân là hoàn thiện và đổi mới công nghệ - thiết bị, đầu tư phát triển theo chiều sâu nhằm tăng năng suất hoạt động và hiệu quả sản xuất kinh doanh. Về tổng thể, các giải pháp đó là:

a. Tăng cường công tác quản lý nhà nước về khoáng sản

- Nhà nước cần xây dựng chiến lược phát triển ngành Khoáng sản đến 2050, xác định rõ các nhóm khoáng sản chiến lược cho ngành năng lượng mới, ưu tiên khai thác có chọn lọc theo hướng phục vụ sản xuất thiết bị năng lượng tái tạo, pin, động cơ điện và điện tử công nghiệp. Song song, cần lồng ghép các mục tiêu khí hậu, tiêu chuẩn phát thải và trách nhiệm tái chế vào khung pháp lý về khoáng sản.

- Công tác thăm dò, đánh giá trữ lượng khoáng sản quốc gia chiến lược (than, apatit, cromit, chì - kẽm, titan, bauxit, sắt laterit, đá hoa trắng, cát trắng, đất hiếm....) phải đảm bảo tin cậy, chính xác, tuân thủ theo các quy định pháp luật hiện hành để nâng cao hiệu quả công tác thiết kế, khai thác mỏ một cách tin cậy và chắc chắn.

b. Chuyển đổi số trong tối ưu hóa hoạt động khai thác mỏ lộ thiên

Nghị quyết số 10-NQ/TW của Bộ Chính trị về định hướng chiến lược địa chất, khoáng sản và công nghiệp khai khoáng đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045 ban hành ngày 10/2/2022 đã xác định mục tiêu chuyển đổi số trong lĩnh vực khai thác khoáng sản hướng tới nền kinh tế xanh, kinh tế tuần hoàn. Trong bối cảnh hiện nay, sự phát triển của ngành công nghiệp mỏ không tách rời sự phát triển của cuộc cách mạng công nghiệp 4.0, trong đó việc chuyển đổi số là một khâu quan trọng, quyết định sự thành công của cuộc cách mạng trên. Các giải pháp gồm:

- *Tối ưu hóa thiết kế và kế hoạch khai thác:* áp dụng mô hình hóa mỏ 3D/4D bằng GIS, UAV, LiDAR để cập nhật địa hình, trữ lượng và ranh giới mỏ theo thời gian thực. Sử dụng các phần mềm lập kế hoạch tối ưu (MineSched, Whittle, Deswik...) để lập kế hoạch, trình tự khai thác hợp lý, xác định biên giới mỏ và hệ số bóc tối ưu.

- *Tối ưu hóa vận tải và thiết bị:* sử dụng hệ thống điều phối tự động (Fleet Management System – FMS) để xác định tuyến đường ngắn nhất, giảm thời gian chờ, tối ưu hóa đồng bộ thiết bị làm việc ô tô – máy xúc. Hướng tới áp dụng hệ thống vận tải tự động trong khai thác mỏ, sử dụng xe tải tự hành (driverless haul trucks) kết hợp GPS, cảm biến, radar, LiDAR và phần mềm điều phối để vận chuyển đất đá hoặc quặng mà không cần người lái, đảm bảo an toàn và giảm chi phí nhân công, nâng cao năng suất làm việc của thiết bị. Lắp cảm biến IoT theo dõi tiêu hao nhiên liệu, tải trọng làm việc, thời gian hoạt động để lập kế hoạch bảo dưỡng dự báo (predictive maintenance).

- *Tối ưu hóa công tác khoan – nổ mìn:* sử dụng các máy khoan định vị GPS (Máy khoan Epiroc Pit Viper series (PV-271, PV-351), máy khoan Sandvik DR412i /DR416i, máy khoan CAT MD6250, máy khoan Komatsu) có thể tự động khoan theo thông số thiết kế của mạng khoan. Áp dụng phần mềm mô phỏng nổ mìn 3D (O-Pitblast, FRAG-3D, JKSImBlast, BlastMaker 3D, Vulcan Blast Design, BLASTPLAN...) để thiết kế và lập kế hoạch nổ mìn, hỗ trợ mô hình hóa sự phân mảnh kích thước cục đá (fragmentation) và dự đoán độ rung chấn nổ mìn (vibration), tổng hợp dữ liệu lập kế hoạch và thực tế, so sánh hiệu suất, phát hiện sai lệch và cung cấp báo cáo chi tiết hỗ trợ kiểm soát chất lượng và tối ưu hóa chi phí nổ mìn.

- *Tối ưu hóa quản lý môi trường mỏ và an toàn:* Sử dụng các thiết bị đo cảm biến online giám sát bụi, tiếng ồn, rung, nước thải để cảnh báo sớm như cảm biến đo bụi trên mỏ

(Dust Monitoring Sensor) [7], cảm biến đo tiếng ồn (Noise Monitoring Station), cảm biến rung (Vibration Monitoring Sensor), cảm biến đo nước thải và chất lượng nước (Water Quality Sensor). Các thiết bị đo cảm biến này được tích hợp hệ thống IoT để gửi dữ liệu (4G/5G, LoRaWAN) về trung tâm giám sát môi trường mỏ, thông qua các phần mềm phân tích sẽ tự động cảnh báo qua SMS, email, ứng dụng khi vượt ngưỡng cho phép. Lắp đặt hệ thống radar và cảm biến đo dịch chuyển bờ mỏ, dự báo sạt lở bờ mỏ (Slope Stability Radar – SSR) [8]. Quản lý bãi thải bằng dữ liệu không gian và mô hình ổn định bờ (Dữ liệu không gian GIS viễn thám, Mô hình phân tích ổn định mái dốc (slope stability analysis)).

- *Hệ thống tổng hợp, phân tích dữ liệu và đưa ra quyết định*: Trung tâm điều hành mỏ số (Digital Mine Control Center) sẽ tổng hợp dữ liệu từ toàn bộ các khâu trên. Sau đó dùng AI và phân tích dữ liệu lớn (Big Data Analytics) để dự báo, phát hiện bất thường và đề xuất phương án tối ưu nhất

c. Ứng dụng mô hình khai thác tuần hoàn, thúc đẩy phát triển xanh ngành KTMLT

- *Tối ưu khai thác và sử dụng tài nguyên*: áp dụng công nghệ khai thác, chế biến tuyển tiên tiến, tách lọc quặng nghèo, xử lý khoáng sản từ bãi thải hoặc đuôi quặng để tăng hệ số thu hồi khoáng sản; khai thác tận thu khoáng sản đi kèm.

- *Tận thu và tái sử dụng*: tái sử dụng đá thải và vật liệu từ bãi thải cho san lấp, làm vật liệu xây dựng hoặc gia cố đường mỏ. Tận thu chất thải từ quá trình chế biến (ví dụ tro, xỉ, bùn tuyển, bãi thải quặng đuôi...) làm nguyên liệu sản xuất xi măng, gạch không nung, thu hồi đất hiếm. Thu hồi, xử lý nước thải mỏ tuần hoàn và tái sử dụng nước trong quá trình khai thác, chế biến, giảm thiểu ảnh hưởng đến môi trường xung quanh.

- *Giảm phát thải và tiết kiệm năng lượng*: Sử dụng năng lượng tái tạo (điện mặt trời, điện gió) cho bơm thoát nước, trạm nghiền, sàng (mỏ sắt Pilbara, Tây Australia đã sử dụng năng lượng mặt trời để cấp điện cho trạm bơm, bao gồm các điểm đo lưu lượng và mực nước gắn kết SCADA, thay vì dùng máy diesel nặng nề và tốn nhiên liệu, Mỏ vàng Fekola Gold Mine vận hành một hệ thống hybrid gồm 30 MW điện mặt trời + hệ thống pin lưu trữ 15.4 MWh, giúp giảm sử dụng dầu nhiên liệu nặng và cắt giảm đáng kể phát thải). Sử dụng các xe tải tự hành chạy điện hoặc hybrid, giảm phát thải CO₂ và bụi (mỏ quặng sắt Fortescue Metals Group – Pilbara (Úc) đã ký hợp đồng trị giá 2,8 tỷ USD với Liebherr để chuyển khoảng 360 xe tải điện tự hành, cùng nhiều máy xúc và bulldozer chạy điện, nhằm thay thế hai phần ba đội xe khai thác truyền thống [15]. Các xe này được hoàn thiện với hệ thống sạc nhanh, có thể sạc đầy trong 30 phút và chạy liên tục 6 giờ để mục tiêu giảm phát thải CO₂, bụi và hướng tới không phát thải).

d. *Nâng cao trình độ nguồn nhân lực cho ngành KTMLT*

Về vấn đề con người để định hướng phát triển bền vững ngành KTMLT trong thời gian tới, có thể nhìn từ bốn khía cạnh chính sau:

- *Nâng cao năng lực và trình độ chuyên môn*: Đào tạo nhân lực không chỉ giỏi về kỹ thuật khai thác, mà còn có kiến thức tốt về chuyển đổi số, công nghệ xanh, quản lý môi

trường, an toàn – vệ sinh lao động [13]. Nâng cao, bổ sung kiến thức cho kỹ sư mỏ tiếp cận với các kiến thức liên ngành: GIS, IoT, AI, quản trị rủi ro, phân tích vòng đời (LCA). Tăng cường nghiên cứu, sáng tạo, hợp tác quốc tế và cập nhật xu thế công nghiệp 4.0 [11, 12].

- *Bảo đảm sức khỏe, an toàn và phúc lợi cho người lao động*: Đầu tư vào công nghệ tiên tiến để giảm thiểu rủi ro cho người lao động: thiết bị tự động hóa, giám sát từ xa, cảm biến cảnh báo nguy hiểm. Tăng cường bảo hộ lao động, chăm sóc sức khỏe định kỳ và hỗ trợ tâm lý, chế độ chính sách khi làm việc ở môi trường khắc nghiệt.

- *Phát triển văn hóa doanh nghiệp bền vững*: Xây dựng môi trường làm việc minh bạch, tôn trọng, khuyến khích đóng góp ý kiến. Tạo động lực gắn bó lâu dài thông qua chế độ đãi ngộ hợp lý và lộ trình thăng tiến rõ ràng. Lồng ghép trách nhiệm xã hội để người lao động cảm thấy tự hào và có ý nghĩa khi làm việc.

- *Tích hợp yếu tố con người vào chiến lược chuyển đổi xanh*: Chuyển đổi kỹ năng từ vận hành máy móc truyền thống sang máy móc chạy điện, hybrid, tự hành [14]. Giảm phụ thuộc vào lao động phổ thông, tăng nhu cầu nhân lực kỹ thuật cao. Hỗ trợ đào tạo lại và nâng cấp kỹ năng cho lực lượng lao động hiện có.

6. Kết luận

Trong bối cảnh của sự dịch chuyển nền kinh tế hướng tới kinh tế tuần hoàn, phát triển xanh và bền vững, việc định hình một tương lai phát triển của ngành KTMLT là hết sức quan trọng để đáp ứng nhu cầu ngày càng gia tăng về nguyên, nhiên liệu khoáng sản cho nền kinh tế quốc dân, ngoài việc hoàn thiện cơ chế tổ chức – quản lý từ trung ương tới cơ sở, cần đặc biệt chú trọng đổi mới công nghệ, hiện đại hóa thiết bị và tăng cường đầu tư chiều sâu. Điều này bao gồm nâng cấp phương tiện, trang thiết bị và phát triển nguồn nhân lực, nhằm hạ thấp giá thành, nâng cao năng suất lao động, duy trì và mở rộng quy mô sản xuất, đồng thời cải thiện chất lượng sản phẩm khai thác.

Bên cạnh đó, cần nhận thức sâu sắc rằng tài nguyên khoáng sản là nguồn lực không tái tạo; Việt Nam có nguồn tài nguyên khoáng sản đa dạng nhưng dễ bị tổn thương do khai thác quá mức, nhu cầu phát triển bền vững ngành khai khoáng là cần thiết hơn bao giờ hết. Việc xây dựng một nền kinh tế tuần hoàn sẽ giúp bảo tồn tài nguyên, bảo vệ môi trường, đồng thời đảm bảo nguồn cung khoáng sản cho thế hệ tương lai. Vì vậy, việc áp dụng các giải pháp khoa học – công nghệ tiên tiến nhằm ngăn chặn, giảm thiểu và khắc phục tác động tiêu cực là tiêu chí then chốt để ngành KTMLT hội nhập với nền sản xuất hiện đại, hài hòa với yêu cầu bảo vệ môi trường tương lai.

Tài liệu tham khảo

1. Báo cáo tình hình quản lý nhà nước về khoáng sản trên phạm vi toàn quốc năm 2024 của Bộ Nông nghiệp và Môi trường” tính đến hết tháng 12 năm 2024.

2. Trần Đình Bảo, Nguyễn Đăng Hòa, Phạm Văn Hòa, Nguyễn Anh Tuấn, Vũ Đình Trọng, *Đề xuất công nghệ khai thác phù hợp với điều kiện tự nhiên của khoáng sản Bôxit Tây Tân Rai - Lâm Đồng*, Tạp chí Công nghiệp Mỏ, 1, 5/2022, 7-14, 2022
3. Hồ Sĩ Giao, 2003. *Công nghệ khai thác lộ thiên Việt Nam với sự tiếp cận những thành tựu khoa học thế giới*. Báo cáo HNKH mở toàn quốc lần thứ XV. Hội KHCN mỏ Việt Nam.
4. Hồ Sĩ Giao, 2004. *Mười năm phát triển khoa học công nghệ trong lĩnh vực khai thác lộ thiên*. Tạp chí than Việt Nam, số đặc biệt 11/2004.
5. Trần Quang Hiếu, Bùi Xuân Nam, Nguyễn Hoàng, Nguyễn Anh Tuấn, Nguyễn Quốc Long, *Đánh giá khả năng áp dụng một số công nghệ và thiết bị tiên tiến cho các mỏ khai thác lộ thiên ở Việt Nam*, Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất (Chuyên đề: 55 đào tạo ngành Khai thác mỏ lộ thiên), 61, Kỳ 5 (2020), 16-32, 2020
6. Đỗ Ngọc Hoàn; Trần Quang Hiếu; Nguyễn Đình An, *Nhận diện, đánh giá rủi ro an toàn, vệ sinh lao động trong hoạt động vận tải tại các mỏ khai thác đá vật liệu xây dựng ở Việt Nam*, Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất, 64, 2, 68-78, 2023
7. Nguyễn Hoàng, Bùi Xuân Nam, Trần Quang Hiếu, Trần Khắc Hùng, Nguyễn Tuấn Thành, *Dự báo nồng độ bụi PM2.5 phát tán trong quá trình nổ mìn trên các mỏ lộ thiên sử dụng mạng nơ-ron nhân tạo và giải thuật tối ưu hóa bầy đàn cải tiến (APSO-MLP)*, Tạp chí Khí tượng Thủy văn, doi:10.36335/VN/JHM.2022(740).88-99, 2022
8. Nguyễn Anh Tuấn, Phạm Văn Hòa, Phạm Văn Việt, Trần Đình Bảo, *Mô phỏng khối đá phục vụ đánh giá ổn định bờ mỏ, áp dụng đánh giá cho mỏ than Khe Sim, Quảng Ninh*, Tạp chí Khí tượng thủy văn, 1, EME4, 63-72, 2022
9. Quyết định số 893/QĐ-TTg ngày 26/7/2023 của Thủ tướng Chính phủ “*Phê duyệt Quy hoạch tổng thể năng lượng quốc gia thời kỳ 2021-2030 tầm nhìn đến 2050*”.
10. Quyết định số 334/QĐ-TTg ngày 01/4/2023 của Thủ tướng Chính phủ “*Phê duyệt chiến lược địa chất, khoáng sản và công nghiệp khai khoáng đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045*”
11. Azapagic, A. “*Developing a framework for sustainable development indicators for the mining and minerals industry*” Journal of Cleaner Production, Elsevier, 2004.
12. Hilson, G., & Murck, B. “*Sustainable development in the mining industry: Clarifying the corporate perspective*” Resources Policy, Elsevier, 2000.
13. IIED & WBCSD. “*Breaking New Ground: Mining, Minerals and Sustainable Development*” International Institute for Environment and Development & World Business Council for Sustainable Development, London, 2002.
14. McLellan, B. C., Corder, G. D., Giurco, D., & Green, S. “*Sustainability of the rare earths industry*” Resources Policy, Elsevier, 2013.
15. Simon Webb (2024, September 27). *Fortescue, Liebherr secure orders for 100 electric mining trucks*, Forrest says.

NHÀ XUẤT BẢN GIAO THÔNG VẬN TẢI

Số 08 Tầng Bạt Hồ, phường Cửa Nam, TP. Hà Nội

ĐT: 024.39424620 - 39423346 * Fax: 024.38224784

Website: www.nxbgtvt.vn * Email: nxbgtvt@fpt.vn

CHỊU TRÁCH NHIỆM XUẤT BẢN, NỘI DUNG:

Giám đốc - Tổng Biên tập: Nguyễn Minh Nhật

BIÊN TẬP: Trần Anh Thu

THIẾT KẾ: Phương Linh

Đối tác liên kết: Trường Đại học Mở - Địa chất

Địa chỉ: Số 18 phố Viên, phường Đông Ngạc, TP. Hà Nội

In 500 cuốn khổ 20,5 x 29,5cm, tại Công ty cổ phần in Bản Việt

Địa chỉ: Thôn Hậu Ái, xã Sơn Đồng, TP. Hà Nội.

Số xác nhận đăng ký xuất bản: 3108-2025/CXBIPH/2-57/GTVT.

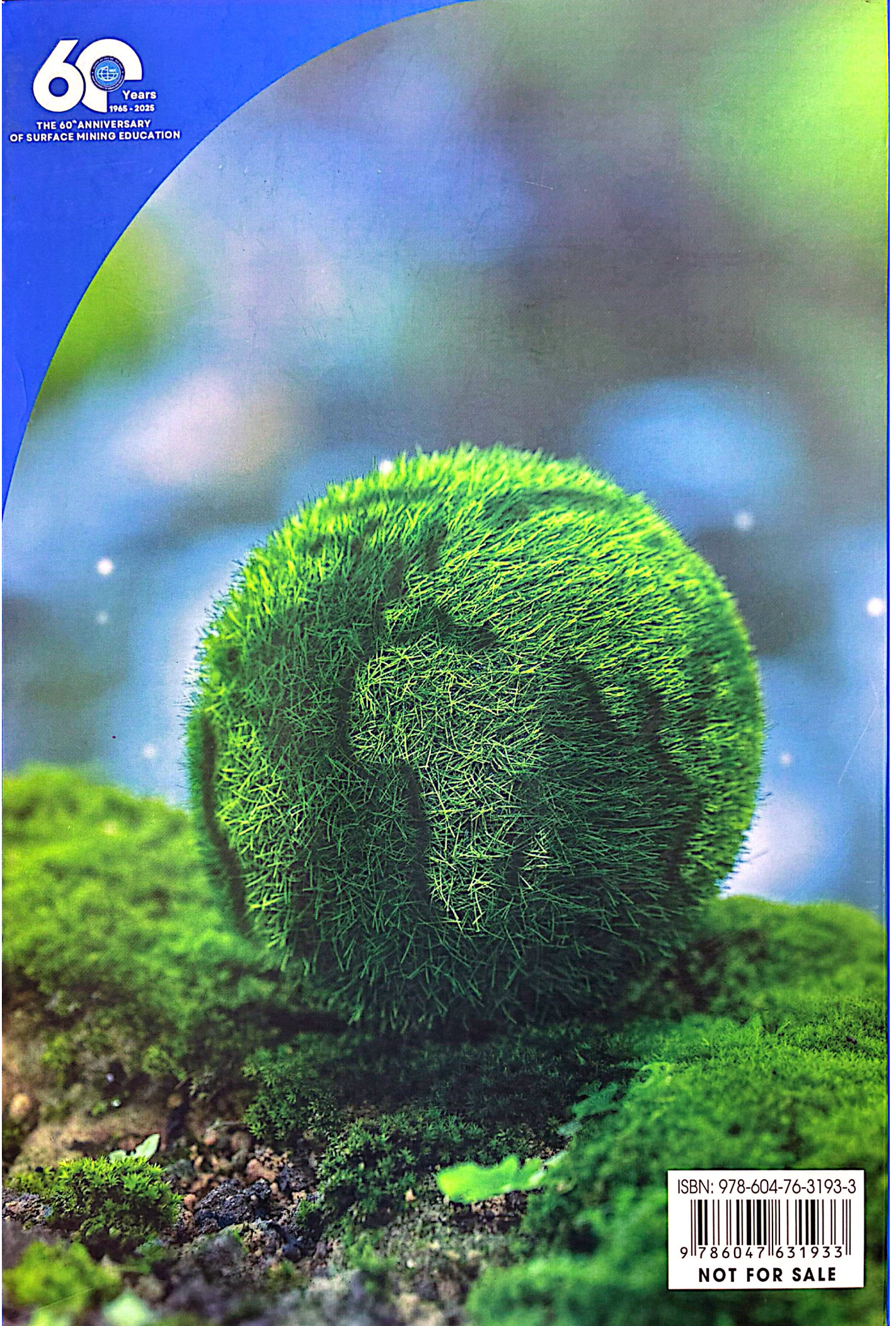
Mã số sách tiêu chuẩn quốc tế - ISBN: 978-604-76-3193-3.

Quyết định xuất bản số: 76 LK/QĐ-XBGT ngày 8/10/2025.

In xong và nộp lưu chiểu năm 2025.



THE 60th ANNIVERSARY
OF SURFACE MINING EDUCATION



ISBN: 978-604-76-3193-3



9 786047 631933

NOT FOR SALE