



TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG ĐOÀN

KỶ YẾU HỘI THẢO KHOA HỌC QUỐC GIA
HOẠT ĐỘNG AN TOÀN, SỨC KHỎE VÀ MÔI TRƯỜNG
TRONG GIAI ĐOẠN CÁCH MẠNG CÔNG NGHIỆP MỚI



NHÀ XUẤT BẢN CÔNG THƯƠNG
Hà Nội, tháng 6 năm 2025



TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG ĐOÀN

**KỶ YẾU HỘI THẢO KHOA HỌC QUỐC GIA
HOẠT ĐỘNG AN TOÀN, SỨC KHỎE VÀ MÔI TRƯỜNG
TRONG GIAI ĐOẠN CÁCH MẠNG CÔNG NGHIỆP MỚI**



NHÀ XUẤT BẢN CÔNG THƯƠNG
Hà Nội, tháng 6 năm 2025

MỤC LỤC

STT	BÀI VIẾT	TRANG
1.	LỢI ÍCH CỦA CẢI THIỆN ĐIỀU KIỆN LAO ĐỘNG TRONG DOANH NGHIỆP: ĐỊNH GIÁ THEO PHÂN TÍCH DÒNG TIỀN CHIẾT KHẤU PGS. TS. Lê Mạnh Hùng <i>Trưởng Đại học Công đoàn</i>	1
2.	VAI TRÒ CỦA CÔNG ĐOÀN VIỆT NAM TRONG HOẠT ĐỘNG AN TOÀN, SỨC KHỎE VÀ MÔI TRƯỜNG LAO ĐỘNG PGS. TS. Phạm Văn Hà <i>Trưởng Đại học Công đoàn</i>	19
3.	AN TOÀN VỆ SINH LAO ĐỘNG: TỪ CHI PHÍ TUÂN THỦ ĐẾN GIÁ TRỊ BỀN VỮNG TS. Dương Thị Thanh Xuân <i>Trưởng Đại học Công đoàn</i>	26
4.	CÔNG TÁC AN TOÀN VỆ SINH LAO ĐỘNG TRONG NỀN KINH TẾ SỐ GS. TS. Lê Văn Trình <i>Hội KHKT An toàn vệ sinh lao động VN</i> ThS. Trương Thị Yến Nhi <i>Trưởng Đại học Công đoàn</i>	40
5.	NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG CHỈ SỐ ĐO LƯỜNG HIỆU QUẢ CÔNG VIỆC (KPIs) TRONG QUẢN LÝ AN TOÀN SỬ DỤNG VẬT LIỆU NỔ CÔNG NGHIỆP PGS. TS. Trần Quang Hiếu, TS. Đỗ Ngọc Hoàn, TS. Trần Đình Bảo, TS. Lê Quý Thảo, ThS. Lâm Kiều Anh <i>Trưởng Đại học Mỏ - Địa chất</i>	52
6.	QUY TRÌNH XÂY DỰNG HỆ THỐNG QUẢN LÝ AN TOÀN, SỨC KHỎE VÀ MÔI TRƯỜNG TRONG DOANH NGHIỆP - ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ CÁCH MẠNG 4.0 TS. Hà Văn Sỹ, ThS. Võ Hồng Trang <i>Trưởng Đại học Công đoàn</i>	66
7.	VAI TRÒ CỦA CÁC CÔNG ƯỚC QUỐC TẾ CƠ BẢN VỀ AN TOÀN VỆ SINH LAO ĐỘNG VÀ MỘT SỐ ĐỀ XUẤT TẠI VIỆT NAM TS. Nguyễn Thu Hằng <i>Cục Tiền lương và Bảo hiểm xã hội, Bộ Nội vụ</i> ThS. Lê Thị Nhàn <i>Học viện Tư pháp, Bộ Tư pháp</i>	76

STT	BÀI VIẾT	TRANG
29.	ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ TRONG CÔNG TÁC QUẢN LÝ AN TOÀN VÀ SỨC KHỎE NGHỀ NGHIỆP ĐỐI VỚI CÁC NHÀ THẦU TRONG GIAI ĐOẠN ĐẠI TU HÀNG NĂM TẠI NHÀ MÁY NHIỆT ĐIỆN BOT MÔNG DƯƠNG II Nguyễn Xuân Lập <i>Công ty TNHH Điện lực AES Mông Dương</i> TS. Nguyễn Hồng Sơn <i>Trường Đại học Công đoàn</i>	370
30.	ỨNG DỤNG MÔ HÌNH GIẢI PHÁP AN TOÀN TÍCH HỢP™ TRONG VIỆC XÂY DỰNG VĂN HÓA AN TOÀN TUÂN THỦ VÀ KỶ LUẬT BS. Quân Hồng Đức <i>Công ty TNHH Một Thành Viên The Liner Việt Nam</i>	386
31.	AN TOÀN VỆ SINH LAO ĐỘNG CÁC CÔNG TRÌNH XÂY DỰNG: TỪ CHÍNH SÁCH ĐẾN THỰC TIỄN TS. Nguyễn Đắc Diệm, TS. Nguyễn Quốc Việt, Nguyễn Xuân Trường <i>Trường Đại học Công đoàn</i>	408
32.	NGHIÊN CỨU ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP CẢI TIẾN MÔ HÌNH AN TOÀN VÀ SỨC KHỎE NGHỀ NGHIỆP TRONG BỐI CẢNH VIỆT NAM HIỆN NAY TS. Trần Đình Bảo, PGS. TS. Trần Quang Hiếu, TS. Đỗ Ngọc Hoàn <i>Trường Đại học Mô-Địa chất</i>	416
33.	ỨNG DỤNG PHƯƠNG PHÁP PROMETHEE VÀ THUẬT TOÁN PHÂN TÍCH THỨ BẬC (AHP) TRONG PHÂN HẠNG RỦI RO AN TOÀN VỆ SINH LAO ĐỘNG TẠI NHÀ MÁY CHẾ BIẾN THỦY SẢN Ở ĐÀ NẴNG Nguyễn Thị Hương <i>Trường Đại học Sư phạm - Đại học Đà Nẵng</i> Lê Minh Đức, Nguyễn Thành Trung, Nguyễn Thị Thùy Trang <i>Phân viện Khoa học An toàn vệ sinh lao động và Bảo vệ môi trường miền Trung</i>	429
34.	THỰC TRẠNG VÀ GIẢI PHÁP BẢO ĐẢM AN TOÀN PHÒNG CHÁY, CHỮA CHÁY VÀ CỨU NẠN, CỨU HỘ GẮN VỚI CÔNG TÁC AN TOÀN VÀ VỆ SINH LAO ĐỘNG ThS. Mai Danh Giang <i>Trường Đại học Phòng cháy chữa cháy</i>	441

STT	BÀI VIẾT	TRANG
49.	MỐI NGUY ẢNH HƯỞNG TỚI SỨC KHỎE NGƯỜI LAO ĐỘNG TỪ HOẠT ĐỘNG KHAI THÁC VÀ CHẾ BIẾN ĐẤT HIỂM PHỤC VỤ CÁCH MẠNG CÔNG NGHIỆP 4.0 ThS. Lâm Kiều Anh, TS. Đỗ Ngọc Hoàn, PGS. TS. Trần Quang Hiếu, TS. Trần Đình Bảo <i>Trường Đại học Mở - Địa chất</i>	639
50.	MÔ PHÒNG VÀ TỐI ƯU HÓA HỆ THỐNG ĐIỀU HÒA THÔNG GIÓ TRONG MỘT XƯỞNG SẢN XUẤT TS. Nguyễn Đặng Bình Thành, Tống Thị Hoàng Dương <i>Đại học Bách khoa Hà Nội</i>	655
51.	THỰC TRẠNG ĐIỀU KIỆN LAO ĐỘNG VÀ SỨC KHỎE CỦA NGƯỜI LAO ĐỘNG TẠI CÔNG TY ĐÓNG TÀU HẠ LONG, TỈNH QUẢNG NINH NĂM 2025 Ngô Thị Thu Hiền, Nguyễn Phương Anh <i>Đại học Phenikaa</i> Lê Văn Huy <i>Trung tâm Bảo vệ Sức khỏe lao động và Môi trường Giao thông vận tải</i> Khương Văn Duy <i>Trường Đại học Thăng Long</i>	663
52.	ÁP DỤNG BIỆN PHÁP KỸ THUẬT ĐỂ KIỂM SOÁT TIẾNG ỒN TẠI NHÀ MÁY NHIỆT ĐIỆN BOT MÔNG DƯƠNG II Ngô Thị Nhật Vy <i>Học viên Cao học Trường Đại học Công đoàn</i> Nguyễn Xuân Lập <i>Công ty TNHH Điện lực AES Mông Dương</i> TS. Nguyễn Hồng Sơn <i>Trường Đại học Công đoàn</i>	678
53.	NHỮNG VẤN ĐỀ CHUNG VỀ SỨC KHỎE LAO ĐỘNG NỮ VÀ PHÂN TÍCH TRƯỜNG HỢP SỨC KHỎE LAO ĐỘNG NỮ NGÀNH MAY KHU VỰC DUYÊN HẢI NAM TRUNG BỘ ThS. Trương Thị Yến Nhi <i>Trường Đại học Công đoàn</i>	690
54.	ĐẢM BẢO AN TOÀN VỆ SINH LAO ĐỘNG VÀ NÂNG CAO SỨC KHỎE ĐỐI VỚI CÔNG NHÂN THI CÔNG CẢI TẠO SÔNG NHUỆ TRÊN ĐỊA BÀN THÀNH PHỐ HÀ NỘI Tô Thị Đức Hạnh, Đào Thị Thu Hà, Lê Thị Oanh <i>Trường Đại học Công đoàn</i>	706

MỐI NGUY ẢNH HƯỞNG TỚI SỨC KHỎE NGƯỜI LAO ĐỘNG TỪ HOẠT ĐỘNG KHAI THÁC VÀ CHẾ BIẾN ĐẤT HIẾM PHỤC VỤ CÁCH MẠNG CÔNG NGHIỆP 4.0

**ThS. Lâm Kiều Anh, TS. Đỗ Ngọc Hoàn,
PGS. TS. Trần Quang Hiếu, TS. Trần Đình Bảo**
Trường Đại học Mở - Địa chất
Email: lamkieuanh@h Umg.edu.vn

Tóm tắt

Cách mạng công nghiệp 4.0 là thời kỳ phát triển mạnh mẽ của trí tuệ nhân tạo (AI), internet vạn vật (IoT), dữ liệu lớn (Big Data), tự động hóa và công nghệ xanh. Trong đó, khai thác và chế biến đất hiếm là hoạt động vô cùng quan trọng, được xem là “xương sống” trong sản xuất thiết bị thông minh, năng lượng tái tạo, AI và quốc phòng. Song mối nguy ảnh hưởng tới sức khỏe người lao động từ hoạt động trong lĩnh vực khai thác và chế biến đất hiếm phần lớn chưa được biết đến rộng rãi. Bài viết thông qua việc phân tích các số liệu về ảnh hưởng sức khỏe từ bụi đất hiếm, phóng xạ tự nhiên và hóa chất độc hại trong quá trình khai thác, chế biến đất hiếm trên thế giới và ở Việt Nam. Kết quả nghiên cứu đưa ra nhận định, các yếu tố môi trường có thể bị tác động thì những hoạt động này còn gây ra các tác động tiêu cực đến sức khỏe của người lao động như các bệnh về đường hô hấp, các bệnh về da, thậm chí ảnh hưởng đến hệ thần kinh và cơ quan nội tạng của con người. Trên cơ sở đó, đưa ra một góc nhìn mới về các vấn đề an toàn sức khỏe trong hoạt động khai thác và chế biến đất hiếm trong bối cảnh cách mạng công nghiệp 4.0.

Từ khóa: mối nguy, sức khỏe nghề nghiệp, đất hiếm, phóng xạ.

OCCUPATIONAL HEALTH HAZARDS FROM RARE EARTH MINING AND PROCESSING ACTIVITIES FOR THE FOURTH INDUSTRIAL REVOLUTION

Abstract

The Fourth Industrial Revolution is a period of rapid development in artificial intelligence (AI), the Internet of Things (IoT), big data, automation, and green technologies. Among these, rare earth mining and processing is an extremely important activity in the Fourth Industrial Revolution, considered the ‘backbone’ in the production of smart devices, renewable energy, AI, and defense. However, the health risks associated with activities in the rare earth mining and processing sector remain largely unknown to the public. This paper, through analyzing data on health impacts from rare earth dust, natural radiation, and toxic chemicals in the processing stage, examines the health effects of rare earth mining and processing activities worldwide and in Vietnam as this sector is being rapidly developed. The research findings suggest that environmental factors may be affected, and these

activities also pose negative health impacts on workers, such as respiratory diseases, skin conditions, and even potential effects on the nervous system and internal organs. Building on this, the authors propose several recommendations and solutions to prevent and minimize common health risks that could harm workers' health. Furthermore, the paper contributes a new perspective on health issues related to rare earth mining and processing in the context of the Fourth Industrial Revolution

Keywords: hazards, occupational health, rare earth, radiation.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Đất hiếm gồm nhóm 17 nguyên tố kim loại đặc biệt có đặc điểm hóa học giống nhau, gồm các nguyên tố có số thứ tự từ 57 (lanthan) đến 71 (luteci). Chúng được ví như “vitamin công nghiệp” – dù chỉ cần lượng nhỏ nhưng lại không thể thiếu trong các ngành công nghệ hiện đại 4.0. Từ tuabin gió, động cơ xe điện, điện thoại thông minh đến thiết bị quân sự, tất cả đều không thể thiếu sự góp mặt của đất hiếm. Với bối cảnh Cách mạng công nghiệp 4.0, nhu cầu đất hiếm toàn cầu càng ngày càng tăng vọt nhằm mục đích chính là phục vụ sản xuất các thiết bị thông minh và năng lượng tái tạo. Theo dự báo của thế giới, nhu cầu đất hiếm năm 2040 sẽ cao gấp 7 lần hiện nay [Gendron (2024)]. Chính vì vậy việc khai thác và chế biến đất hiếm đang được đẩy mạnh ở nhiều quốc gia, đặc biệt là Trung Quốc – nơi cung cấp 60% sản lượng quặng và 85% sản lượng tinh chế đất hiếm của thế giới (2019) [Gendron (2024)].

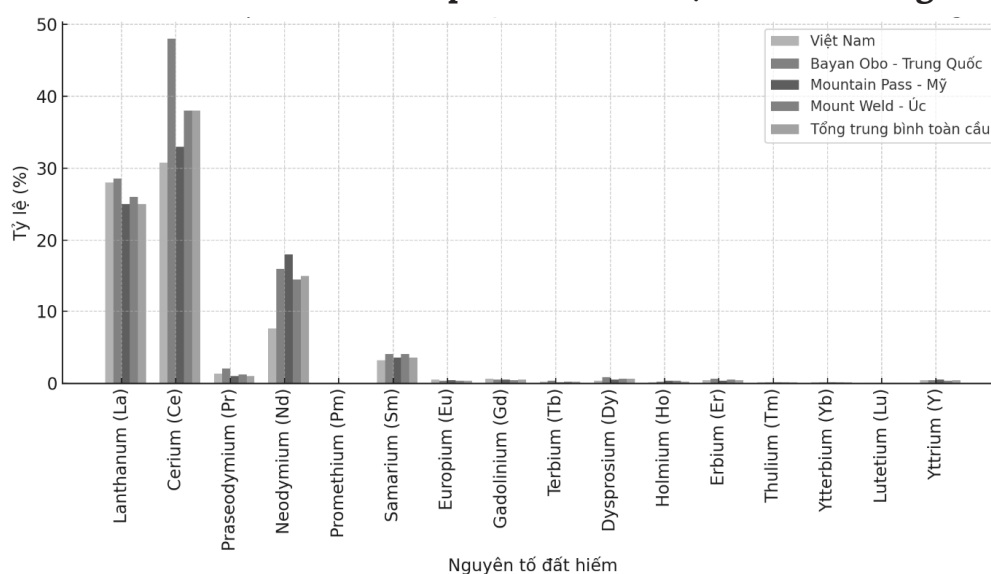
Nước ta nằm trong số các nước có tiềm năng lớn về đất hiếm, với trữ lượng ước tính 17–22 triệu tấn (đứng thứ 3 thế giới) tập trung ở vùng Tây Bắc (Lai Châu, Lào Cai, Yên Bái) và một số tỉnh miền Trung [Brouziotis et al. (2022)]. Từ những năm 1970, Việt Nam đã khai thác nhỏ lẻ đất hiếm để xuất khẩu thô, nhưng chưa xây dựng và hình thành ngành công nghiệp đất hiếm. Trong tương lai gần, Việt Nam có kế hoạch phát triển các dự án khai thác, chế biến đất hiếm (như mỏ Đông Pao – Lai Châu, mỏ Yên Phú – Yên Bái) với mục tiêu đạt 20.000 tấn oxit đất hiếm/năm giai đoạn 2016–2025 [Brouziotis et al. (2022)]. Theo các tài liệu đưa ra, trong số 17 nguyên tố hiếm có trong đất hiếm thì đất hiếm của Việt Nam phổ biến chứa các thành phần Lanthanum (28%), Cerium (30,8%), Neodymium (7,6%), Samarium (3,2%), Praseodymium (1,3%),... Tỷ lệ này khá tương đồng với thành phần tại các mỏ đất hiếm đang được khai thác trên thế giới như Trung Quốc, Mỹ và Úc. Thành phần phần trăm các nguyên tố hiếm của Việt Nam và thế giới được thể hiện trên Bảng 1 và Hình 1.

Bảng 1. Thành phần RE của Việt Nam và thế giới

Nguyên tố	Việt Nam (%)	Bayan Obo - Trung Quốc (%)	Mountain Pass - Mỹ (%)	Mount Weld - Úc (%)	Tổng trung bình toàn cầu (%)
Lanthanum (La)	28,0	28,6	25,0	26,0	25,0
Cerium (Ce)	30,8	48,0	33,0	38,0	38,0
Praseodymium (Pr)	1,3	2,0	1,0	1,2	1,0
Neodymium (Nd)	7,6	16,0	18,0	14,5	15,0
Promethium (Pm)	0,0	0,03	0,0	0,0	0,01
Samarium (Sm)	3,2	4,0	3,5	4,0	3,5
Europium (Eu)	0,5	0,3	0,4	0,3	0,3
Gadolinium (Gd)	0,6	0,5	0,5	0,4	0,5
Terbium (Tb)	0,2	0,3	0,1	0,2	0,2
Dysprosium (Dy)	0,3	0,8	0,5	0,6	0,6
Holmium (Ho)	0,1	0,2	0,3	0,3	0,2
Erbium (Er)	0,4	0,6	0,3	0,5	0,4
Thulium (Tm)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Ytterbium (Yb)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Lutetium (Lu)	0,02	0,03	0,02	0,03	0,02
Yttrium (Y)	0,4	0,4	0,5	0,3	0,4

Nguồn: Bùi Tất Hợp & Trịnh Đình Huấn (2012), Brouziotis et al. (2022),
Chen J. et al. (2015), Wei J. et al. (2020)

Hình 1. So sánh thành phần RE của Việt Nam và thế giới



Bên cạnh những lợi ích to lớn về kinh tế, mặt trái của cơn sốt đất hiếm chính là mối nguy ảnh hưởng tới sức khỏe người lao động từ hoạt động trong lĩnh vực khai thác và chế biến. Về bản chất công việc khai thác khoáng sản được Tổ chức Lao động Quốc tế (ILO) xếp vào nhóm ngành nghề nguy hiểm nhất, chiếm tới tận 8% tổng số tai nạn lao động gây tử vong dù chỉ sử dụng 1% lực lượng lao động toàn cầu [Alliance for Responsible Mining – ARM (2019)]. Đối với ngành đất hiếm, những nguy cơ sức khỏe lại càng đặc thù hơn do đặc điểm bụi kim loại độc hại, sự hiện diện của chất phóng xạ tự nhiên trong quặng, và việc sử dụng hóa chất ăn mòn trong chế biến. Thực tế tại mỏ đất hiếm Bayan Obo (Trung Quốc) hoạt động, đất và nước quanh bãi thải có hàm lượng thorium phóng xạ cao gấp 36 lần mức an toàn; từ 1993-2005 có tới 66 người dân địa phương chết vì ung thư [Chen J. et al. (2015)].

Việt Nam có trữ lượng đất hiếm đứng top đầu thế giới, nhưng hoạt động khai thác và chế biến còn hạn chế. Một trong những mỏ đất hiếm đầu tiên có thể kể đến là mỏ quặng đất hiếm Yên Phú, tỉnh Yên Bái thì các hoạt động khai thác đã làm sản sinh một lượng bụi cơ học và bụi chứa nhân phóng xạ Uranium, Thorium và khí Radon vào môi trường không khí. Nước mưa chảy tràn làm ô nhiễm nguồn nước và phát tán các chất phóng xạ, ảnh hưởng chất lượng nước và đất của khu vực ngoài mỏ. Hoạt động chế biến gây ô nhiễm bụi khá nặng ở khu vực bãi chứa quặng thô, quặng tinh và khu vực nghiền sàng, nước thải từ bãi thải quặng đuôi chứa nhiều thành phần độc hại như thuốc tẩy, hoạt chất phóng xạ sẽ rất ảnh hưởng tới sức khỏe con người khi bị phát tán ra môi trường [Alliance for Responsible Mining – ARM (2019)]. Chưa có những thống kê chính xác về các mối nguy về sức khỏe người lao động do hoạt động khai thác và chế biến quặng đất hiếm, nhưng với kinh nghiệm trên thế giới thì mối nguy lớn này cần được nghiên cứu và quan tâm hơn nữa, đặc biệt trong giai đoạn bùng nổ nhu cầu sử dụng đất hiếm phục vụ cho cuộc cách mạng công nghiệp 4.0.

2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu là các hoạt động khai thác, chế biến đất hiếm và các nguy cơ sức khỏe nghề nghiệp do các hoạt động này gây ra cho con người. Thông qua việc phân tích các số liệu về thành phần nguyên tố đất hiếm, công nghệ khai thác và chế biến đất hiếm trên thế giới gắn với điều kiện thực tế của Việt Nam để đưa ra các phân tích, dự báo ảnh hưởng. Đối chứng với đó, nhóm tác giả chọn một dự án đất hiếm tại Việt Nam – cụ thể là mỏ đất hiếm Yên Phú (Văn Yên, Yên Bái). Đây là mỏ có trữ lượng lớn đã được cấp phép, cung cấp cái nhìn trực tiếp

về thực trạng quản lý đất hiếm ở Việt Nam và những mối nguy liên quan đến sức khỏe người lao động.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp thu thập số liệu: Nhóm tác giả đã tiến hành thu thập và phân tích các tài liệu từ nhiều nguồn đáng tin cậy: các bài báo khoa học, báo cáo của tổ chức quốc tế (WHO, ILO, IAEA), và các tài liệu nghiên cứu, khảo sát, đánh giá về đất hiếm ở Việt Nam. Trong đó, đặc biệt chú trọng các nghiên cứu về ảnh hưởng sức khỏe nghề nghiệp trong ngành mỏ, các số liệu môi trường – y tế liên quan đến đất hiếm trên thế giới, cũng như các báo cáo trong nước về hiện trạng khai thác đất hiếm.

Phương pháp so sánh và phân tích định tính: Sau khi tổng hợp, phân tích số liệu về công tác khai thác, chế biến và tác hại tới sức khỏe của RE trên thế giới, nhóm tác giả đã tiến hành so sánh với điều kiện của Việt Nam. Các tiêu chí so sánh gồm: Thành phần RE có trong đất hiếm, Quy mô hoạt động (sản lượng, công nghệ), các nguy cơ sức khỏe chính (môi trường bụi, phóng xạ, hóa chất), hậu quả sức khỏe được ghi nhận (số ca bệnh nghề nghiệp, bệnh cộng đồng). Phân tích định tính được thực hiện thông qua việc đối chiếu các tiêu chí này, kết hợp lập bảng biểu tóm tắt số liệu để làm rõ tương quan.

3. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

3.1. Độc tính và cơ chế tác động của các nguyên tố đất hiếm RE

Việc tiếp xúc với RE có thể gây hại tới sức khỏe con người [Galusha et al. (2018), Gaman et al. (2020), Han et al. (2018)]. Các tác động độc học do sự tích lũy trong cơ thể người được nghiên cứu thông qua các mô hình thí nghiệm trong ống nghiệm và trên cơ thể sống còn tương đối hạn chế. Tuy nhiên, về cơ bản các nhà khoa học đã đưa ra một số mối liên hệ giữa tác động độc hại của một số RE và sức khỏe con người chính và thống kê về độc tính phơi nhiễm thể hiện trong bảng 2 như sau:

Bảng 2. Độc tính liên quan tới RE

Các hệ	Nguyên tố	Bộ phận nghiên cứu	Kết quả độc tính	TLTK
Hệ hô hấp	Y	Khí quản	Khó thở, phù phổi, tràn dịch màng phổi.	[Han et al. (2018)]
	Ce	Phơi nhiễm môi trường, phơi nhiễm qua da	Chuyển vị ngoài phổi, Bệnh phổi kẽ, xơ phổi, bụi phổi, độc tính tế bào	[Gao et al. (2022)]
	La	Phơi nhiễm môi trường	Xơ phổi, lắng đọng phốt phát	[Paolo et al. (2011)]

Các hệ	Nguyên tố	Bộ phận nghiên cứu	Kết quả độc tính	TLTK
Hệ hô hấp	Ce	Phơi nhiễm nghề nghiệp	Độc tính tế bào, viêm, u hạt, ung thư phổi, độc tính di truyền.	[Nakamura et al. (1997)]
	Dy	Xâm nhập nội khí quản	Tổn thương phổi, phản ứng viêm, Stress oxy hóa	[Nakamura et al. (1997)]
	Sm	Khí quản	Tổn thương phổi, viêm, xơ phổi	[Zhao et al. (2021)]
	Th	Phơi nhiễm môi trường, tiếp xúc qua da	Khó thở, bụi phổi, ung thư phổi	[Chen et al. (2015)]
Hệ thần kinh	Gd	Đường ăn uống	U não, tổn thương não	[Gaman et al. (2020)]
	Nd	Tiếp xúc môi trường, chuỗi thức ăn	Khuyết tật ống thần kinh của thai nhi	[Ray et al. (2016)]
	La	Phơi nhiễm môi trường, qua da và chuỗi thức ăn	Suy giảm khả năng tập trung, trí nhớ, khả năng phân biệt không gian, độc tính tế bào	[Lin et al. (2017)]
Hệ tim mạch	Ce	Phơi nhiễm môi trường	Giảm Hemoglobin, thiếu máu	[Gaman et al. (2020)]
	Gd	Xâm nhập nội khí quản	Độc tính tế bào, phá hủy tạo máu	[Gao et al. (2022)]
	La	Tiếp xúc nghề nghiệp	Tắc mạch máu	[Zhao et al. (2021)]
	Nd	Phơi nhiễm môi trường, qua da và chuỗi thức ăn	Tổn thương ADN, độc tính tế bào, phát triển bất thường về tim mạch	[Chen et al. (2020)]
Khả năng sinh sản	Ce	Phơi nhiễm môi trường, uống	Rối loạn chức năng nhau thai, sảy thai, hạn chế tăng trưởng, Stress oxy hóa	[Lin et al. (2017)]
	Gd	Xâm nhập	Chết lưu thai, Bệnh viêm da	[Ray et al. (2016)]
Hệ xương	Gd	Xâm nhập	Cặn xương, loãng xương	[Darrah et al. (2009)]
	Y	Xâm nhập	Cặn xương	[Darrah et al. (2009)]
	Nd	Phơi nhiễm nghề nghiệp	Rối loạn chuyển hóa xương, giảm mật độ khoáng xương	[Lin et al. (2017)]
	La	Phơi nhiễm môi trường, chuỗi thức ăn	Chuyển hóa canxi và photpho bất thường, giảm mật độ khoáng xương	[Nakamura et al. (1997)]

Các dạng tổn thương ADN dưới dạng đột biến gen, tổn thương nhiễm sắc thể hoặc thay đổi số lượng nhiễm sắc thể là nguyên nhân dẫn tới các bệnh ung thư. Một số nghiên cứu trên các nhóm đối tượng phơi nhiễm tiếp xúc RE cho thấy rằng, nồng độ 8-OhdG trong nước tiểu có nồng độ gia tăng, cho thấy tổn thương ADN là cơ chế khá phổ biến. Các tác động của RE có thể trực tiếp hoặc gián tiếp kích hoạt stress oxy hóa, gây phân cắt protein sửa chữa ADN là Poly ADP-ribose polymerase (PARP), cản trở sự kết tụ của nhiễm sắc thể và dẫn đến tổn thương ADN [Darrah et al. (2009), Nakamura et al. (1997), Zhao et al. (2021)].

3.2. Nhận diện rủi ro tới sức khỏe do ảnh hưởng từ RE

Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả tiến hành đánh giá tài liệu bằng cách sử dụng các cơ sở dữ liệu theo các nghiên cứu trên thế giới. Qua quá trình tìm kiếm và phân tích cho thấy, mối nguy sức khỏe trong khai thác và chế biến đất hiếm xuất phát từ nhiều yếu tố: (1) Bụi và sol khí chứa kim loại đất hiếm; (2) Phóng xạ tự nhiên từ uranium (U) và thorium (Th) trong quặng; (3) Hóa chất độc hại dùng trong tuyển và tinh chế quặng; và (4) Các yếu tố vật lý nghề nghiệp thông thường (bụi silic, tiếng ồn, rung động, nhiệt độ).

Về bụi đất hiếm: Công nhân khai thác và nghiền quặng hít phải bụi chứa các oxide đất hiếm (như CeO_2 , La_2O_3 ...) có thể bị tích lũy trong phổi. Mặc dù độc tính chi tiết của từng nguyên tố đất hiếm đối với cơ thể người chưa được hiểu rõ hoàn toàn. Tuy nhiên, từ nhiều bằng chứng thực tế cho thấy, khi hít phải bụi đất hiếm trong thời gian dài sẽ gây xơ hóa phổi (pulmonary fibrosis) – một dạng biểu hiện của bệnh bụi phổi đất hiếm [Gendron (2024)]. Một số nghiên cứu các ca bệnh khác: công nhân vận hành máy chiếu phim (sử dụng cần hồ quang có bột Ce) mắc bệnh bụi phổi sau 17 năm tiếp xúc; thợ mài thấu kính quang học tiếp xúc với bột CeO_2 suốt 35 năm dẫn đến xơ phổi [Ray et al. (2016)]. Cho đến nay, nhiều cơ quan quản lý trên thế giới vẫn chưa thiết lập tiêu chuẩn tiếp xúc an toàn cho nhóm chất này – hiện mới chỉ có Ytri (Y) được quy định giới hạn $1\text{mg}/\text{m}^3$ (8 giờ TWA) trong khi 16 nguyên tố đất hiếm khác không có quy định riêng [Darrah et al. (2009)]. Chính vì vậy, việc phải tạm áp dụng tiêu chuẩn “bụi không độc” thông thường ($10\text{mg}/\text{m}^3$ bụi tổng, $3\text{mg}/\text{m}^3$ bụi hô hấp) là không phù hợp, để đánh giá thấp rủi ro của đất hiếm [Gendron (2024)].

Về phóng xạ tự nhiên: Hầu hết quặng đất hiếm chứa Thorium (Th-232) và một phần Uranium (U-238) là các nguyên tố phóng xạ tự nhiên (NORM). Ví dụ, quặng monazite tại mỏ Bayan Obo (Trung Quốc) có hàm lượng ThO_2 lên tới 0,7% [Han et al. (2018)]. Khi khai thác và tuyển quặng, thorium và uranium có thể tập trung cao hơn trong bùn thải, sinh ra chất phóng xạ thứ cấp như khí radon (Rn-222) và khí radon (Rn-220). Do đó, công nhân mỏ sẽ phải chịu phơi nhiễm phóng xạ qua bốn con đường chính: tiếp xúc ngoài với tia gamma phát ra từ quặng, hít thở khí radon/thoron và các sản phẩm phân rã phóng xạ của chúng, (3) hít thở bụi phóng xạ tồn lưu (quặng, bã thải khô), và (4) nuốt phải các hạt bụi phóng xạ (qua đường miệng, vệ sinh kém) [Galusha et al. (2018)]. Trong đó, hít thở là đường phơi nhiễm quan trọng nhất gây nguy cơ về ung thư phổi, còn nuốt phải thường ít hơn (vì quặng phóng xạ khó hòa tan, phần lớn sẽ theo phân ra ngoài) [Han et al. (2018)]. Hiện nay, giới hạn liều bức xạ nghề nghiệp (theo khuyến cáo IAEA 2014) là tối đa 20

mSv/năm trung bình 5 năm và không quá 50 mSv trong một năm bất kỳ [Alliance for Responsible Mining – ARM (2019)].

Về hóa chất độc hại: Khai thác và chế biến đất hiếm đòi hỏi sử dụng nhiều hóa chất ăn mòn và độc tính cao. Trong khâu tuyển quặng, người ta thường dùng thuốc tuyển (ví dụ acid béo, hydroxamic) và hóa chất tạo bọt tách khoáng. Đến khâu thủy luyện (leaching) để hòa tách đất hiếm khỏi quặng, các nhà máy sử dụng acid mạnh (H_2SO_4 , HCl) hoặc kiềm nóng (NaOH) để xử lý quặng, sau đó kết tủa đất hiếm bằng oxalat hoặc amoniac, rồi nung tạo oxit đất hiếm tinh khiết [Ray et al. (2016)]. Quá trình này tạo ra lượng lớn khí độc (SO_2 , HF) và nước thải axit. Theo số liệu từ Trung Quốc, việc tinh chế 1 tấn oxit đất hiếm có thể thải ra 63.000 m³ khí thải chứa axit sulfuric và hydrofluoric, 200 m³ nước thải axit và khoảng 1,4 tấn chất thải rắn phóng xạ [Gendron (2024)].

Yếu tố nguy cơ thông thường: Giống các mỏ khoáng sản khác, mỏ đất hiếm thường có bụi đá, bụi silic, tiếng ồn lớn từ máy khoan, máy nghiền, rung động từ máy móc hạng nặng và vi khí hậu khắc nghiệt (độ ẩm cao, nhiệt độ cao trong hầm lò hoặc nóng bức ngoài trời). Nếu không tuân thủ nguyên tắc an toàn, công nhân có thể bị di chứng nghề nghiệp do tiếng ồn, rung chuyển toàn thân ảnh hưởng cột sống, và kiệt sức vì nóng. Các nguy cơ này đã tương đối quen thuộc và có giải pháp kiểm soát (thông gió, cách âm, trang bị bảo hộ cá nhân). Song, điều đáng lo ngại là các nguy cơ đặc thù của đất hiếm (bụi kim loại độc và phóng xạ) có thể bị xem nhẹ nếu áp dụng cùng tiêu chuẩn an toàn như các mỏ kim loại thông thường.

Từ những cơ sở lý thuyết trên, nhóm tác giả nhận thấy trong ngành khai khoáng đất hiếm có thể tiếp cận theo mô hình “nguồn gây hại – đường truyền – người tiếp nhận”. Ở đây, *nguồn gây hại* gồm mỏ quặng (phát sinh bụi, phóng xạ) và nhà máy chế biến (phát sinh hóa chất độc, khí thải); *đường truyền* gồm không khí (bụi, khí), nước (nước thải, rò rỉ) và tiếp xúc trực tiếp (cầm nắm vật liệu, nhiễm bẩn qua da); và *người tiếp nhận* chính là người lao động trong mỏ, nhà máy, cùng người dân xung quanh.

Hiện nay, đa phần các nghiên cứu trên thế giới tập trung nhiều nhất vào nhóm công nhân mỏ đất hiếm. Các nhóm khác có thể phơi nhiễm đất hiếm (như thợ sản xuất nam châm, thợ tái chế rác thải điện tử) vẫn chưa được nghiên cứu đầy đủ. Lỗ hổng này đồng nghĩa với việc một số ảnh hưởng sức khỏe tiềm tàng của đất hiếm có thể chưa được nhận diện kịp thời. Đây sẽ là cơ sở để sớm phát hiện và phòng ngừa các bệnh nghề nghiệp mới phát sinh khi ngành đất hiếm đang ngày càng phát triển.

Tóm lại, tổng quan nghiên cứu cho thấy ngành khai thác và chế biến đất hiếm tiềm ẩn nguy cơ đa chiều tới sức khỏe người lao động: từ bệnh bụi phổi đặc thù, nguy cơ ung thư do phóng xạ, đến ngộ độc hóa chất và các bệnh nghề nghiệp khác. Đây chính là định hướng để xây dựng phương pháp nghiên cứu và phân tích trong các phần sau của bài viết.

4. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Để có những đánh giá về mức độ ảnh hưởng tới sức khỏe người lao động do hoạt động khai thác và chế biến RE tại Việt Nam, nghiên cứu tập trung đi vào phân tích các tác động do bụi, nước thải, ảnh hưởng của phóng xạ tại dự án khai thác đất hiếm Yên Phú, tỉnh Yên Bái.

4.1. Ảnh hưởng của bụi đất hiếm

Với sản lượng quặng khai thác hàng năm là 261.670 tấn/năm và không phải là quặng khô (có độ ẩm < 20%) nên quá trình khai thác ít gây ra bụi. Quặng nguyên khai được tuyển bằng phương pháp tuyển từ và tuyển nổi kết hợp biện pháp cơ giới đánh toát, ngâm rửa, đảo trộn quặng trong môi trường nước. Những cục quặng có kích thước >100 mm được nghiền nhỏ bằng phương pháp nghiền ướt, sử dụng máy nghiền bi hoặc máy nghiền kết hợp bi/trục. Các loại tinh quặng (sắt-đất hiếm-niobi) được thu hồi có độ ẩm lại được lưu trữ trong kho chứa có mái che nên tác động của bụi do việc lưu trữ quặng tinh trong khu vực này cũng được hạn chế đáng kể [Alliance for Responsible Mining – ARM (2019)]. Nhìn chung, bụi phát sinh trong khu khai trường và khu vực nhà máy tuyển chủ yếu chỉ tác động đến các cán bộ công nhân làm việc trực tiếp, ít ảnh hưởng bên ngoài. Tuy nhiên, bụi đất hiếm gây tổn thương phổi mãn tính: Các nghiên cứu đã chỉ ra sự liên quan giữa hít phải bụi/hơi đất hiếm với các bệnh phổi mãn tính. Những công nhân mỏ đất hiếm thường xuyên tiếp xúc bụi quặng có tỷ lệ mắc bệnh bụi phổi (pneumoconiosis) cao bất thường. Tại thành phố Bayan Obo (Trung Quốc), cơ quan y tế địa phương thống kê có 5.387 người dân bị bệnh bụi phổi (chủ yếu là thợ mỏ, chiếm hơn 50% tổng số bệnh bụi phổi toàn khu vực) đã khiến bụi phổi trở thành bệnh phổ biến nhất ở đây [Gendron (2024)].

4.2. Ảnh hưởng do nước thải và bùn thải chứa nguyên tố phóng xạ

Nước thải phát sinh bao gồm nước mưa chảy tràn, nước thải sản xuất (từ hoạt động chế biến quặng), nước thải sinh hoạt tại mỏ đều được thu gom xử lý lắng tách bùn và tuần hoàn lại dây chuyền sản xuất. Lượng nước mưa chảy tràn lớn nhất được ghi nhận chảy vào moong khai thác là 8236m³/ngày, chứa nhiều cặn rắn lơ lửng, kim loại nặng và có hoạt độ chất phóng xạ. Lượng nước này được thu gom bằng hệ thống rãnh thoát nước đưa về bể lắng và được sử dụng để bổ

sung cho nước sản xuất. Theo quy trình công nghệ tuyển quặng của nhà máy, khi tuyển 31,25 tấn quặng nguyên khai sẽ cần 245m³ nước, trong đó nước bổ sung là 77m³ và nước tuần hoàn là 168m³. Sau giai đoạn tuyển sẽ có một phần nước được tuần hoàn và lượng nước thải ra theo bùn thải là 72m³ nước [Brouziotis et al. (2022)]. Lượng nước này có chứa một số hóa chất là thuốc tuyển, chủ yếu là hợp chất oleat, hợp chất oleat được sử dụng nhiều trong dược phẩm nên không gây độc hại đối với môi trường. Bùn thải có tốc độ lắng rất thấp và đặc biệt trong thành phần nước thải có hoạt độ alpha tương đối lớn thể hiện trong Bảng 3.

Bảng 3. Thành phần kim loại nặng và hoạt độ phóng xạ của mẫu nước thải
[Brouziotis et al. (2022)]

Chỉ tiêu	Hàm lượng (µg/L)	Mức quy định	Hoạt độ PX	Giá trị	Mức quy định
As	0,22	50	Tổng α (Bq/L)	8,066	< 0,1
Cd	0,004	5	Tổng β (Bq/L)	11,33	< 1
Cu	0,002	1000	Radon (Bq/m3)	7950±2700	-
Hg	-	1	Các chỉ tiêu*		
Pb	0,1	10	pH	8,3	5,5-8,5
Cr	7,03	50	Độ đục	35	-
Th	0,11	-	DO	0,40	≥ 4
U	0,018	-	Độ dẫn	0,150	-

Các chỉ tiêu về kim loại nặng trong mẫu nước thải đều không vượt quá chỉ tiêu cho phép. Duy chỉ có hoạt độ phóng xạ trong mẫu là tương đối cao, đặc biệt là tổng α.

4.3. Liều chiếu phóng xạ tại các khu vực khai thác và chế biến

Mỏ đất hiếm Yên Phú chứa một hàm lượng các nhân phóng xạ của dãy urani và dãy thori cao hơn so với hàm lượng nhân phóng xạ của hai dãy này trong đất đá bình thường. Sự có mặt của nhân phóng xạ thuộc dãy U và Th gây nên suất liều xạ chiếu cao hơn mức bình thường. Ảnh hưởng của phóng xạ môi trường hiện diện trong các giai đoạn cơ bản của quá trình khai thác và tuyển quặng cho đến vận chuyển và bảo quản tinh quặng cũng như chôn cất bùn thải và đất đá thải ở bãi thải.

Suất liều chiếu xạ gồm cả phơi phóng xạ tại khu mỏ Yên Phú nằm trong khoảng 3-5mSv/năm. Theo đánh giá phơi phóng xạ môi trường của vùng Yên Phú là 2,5mSv/năm [Trần Bình Trọng & Vũ Văn Bích (2006)]. Giá trị cao nhất là tại vị trí thuộc đỉnh tâm của khu mỏ lớn và mỏ nhỏ. Các khu vực xung quanh suất liều nằm trong khoảng 1,5-2,0mSv/năm kể cả phơi phóng xạ tự nhiên.

- Đánh giá liều bức xạ từ nguồn lớn như khu khai thác, bãi chứa thải, nhà máy tuyển và kho chứa tinh quặng: Theo tiêu chuẩn, nếu mức chiếu xạ gây bởi các hoạt động công nghiệp làm tăng thêm mức chiếu xạ của công nhân lớn hơn 1mSv/năm nhưng không quá 6mSv/năm thì các cơ sở công nghiệp này cần phải áp dụng biện pháp quản lý liều bức xạ.

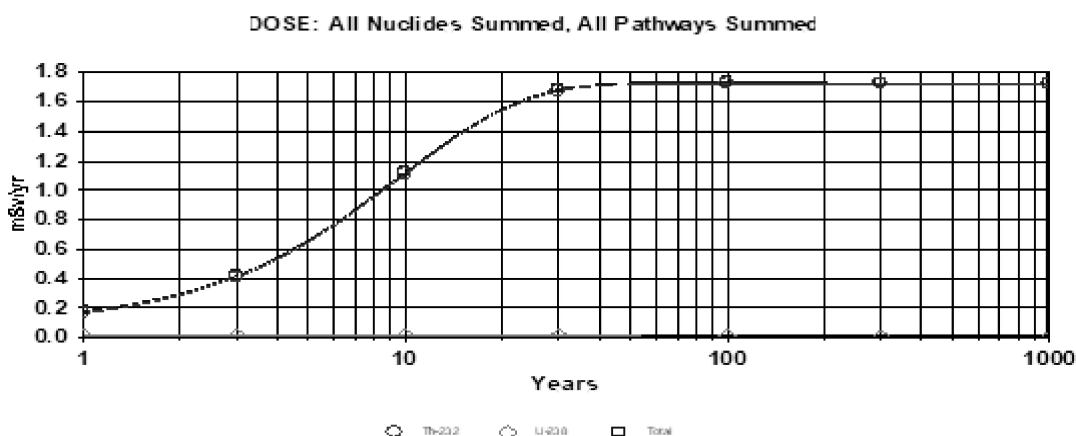
Bảng 4. Quan hệ giữa liều và nồng độ hoạt tính đối với chiếu xạ nghề nghiệp do bức xạ gamma và bụi

Loại vật liệu	Ước lượng liều hiệu dụng trên đơn vị nồng độ hoạt tính (mSv/năm cho Bq/g)		Nồng độ hoạt tính của nhân phóng xạ riêng lẻ cao hơn mức trong cột sẽ vượt 10% giới hạn liều (Bq/g)
	Cực tiểu	Cực đại	
Lượng lớn như thân quặng, bãi thải, kho chứa lớn	0,20	0,4	5
Lượng nhỏ như tinh quặng, v.v.	0,008	0,04	50
Vật liệu bay hơi : khói lò, và bụi ở túi lọc, v.v.	0,0006	0,003	500

Bảng 5. Mối quan hệ giữa suất liều với hàm lượng trung bình của nhân phóng xạ

Nhân phóng xạ	Nồng độ hoạt tính (Bq/g)	Ước lượng liều hiệu dụng (mSv/năm)		Ghi chú
		Giá trị cực tiểu	Giá trị cực đại	
^{238}U	0,58	0,012	0,024	
^{232}Th	0,68	0,135	0,270	

Hình 2. Suất liều chiếu ngoài do sự có mặt của ^{238}U và ^{232}Th có trong bãi thải (Trục hoành dạng log)



Bảng 6. Đánh giá suất liều với hàm lượng trung bình của nhân phóng xạ

Nhân phóng xạ	Nồng độ hoạt tính (Bq/g)	Ước lượng liều hiệu dụng (mSv/năm)		Ghi chú
		Giá trị cực tiểu	Giá trị cực đại	
238U	2,10	0,420	0,840	Giá trị trung bình cho vùng quặng
232Th	0,107	0,021	0,042	
238U	0,691	0,138	0,276	Mẫu đại diện
232Th	0,891	0,178	0,356	
238U	12,565	2,513	5,026	Giá trị cực đại trong tập hợp mẫu phân tích
232Th	13,655	2,731	5,462	

- Đối với công nhân làm việc trên bãi thải và dân cư xung quanh: Theo quan hệ giữa liều và nồng độ hoạt tính đối với chiếu xạ nghề nghiệp do bức xạ gamma và bụi với hàm lượng trung bình của nhân phóng xạ xác định trong bãi thải, được đánh giá suất liều như chỉ ra trong Bảng 5.

Kết quả tính liều chiếu ngoài theo phần mềm RERAD với điều kiện: diện tích bãi thải >10.000 m²; bãi thải dày 2m-5m; tỉ trọng 1,5 g/cm³; phần thời gian làm việc là 0.25, cho kết quả tương tự thể hiện trên Hình 2.

Kết quả cho thấy rằng với suất liều như đã tính toán ở trên, công nhân làm việc trong môi trường này chịu suất liều chiếu xạ trong giới hạn an toàn.

- Đối công nhân làm việc tại khai trường: Trên cơ sở hàm lượng trung bình của nhân phóng xạ xác định trong quặng, chúng tôi đánh giá suất liều như chỉ ra trong bảng 6.

Kết quả cho thấy rằng, với điều kiện tính toán cho hàm lượng trung bình của nhân phóng xạ 238-U và 232-Th trong quặng và mẫu đại diện, công nhân làm việc trong môi trường này nằm trong khoảng cho phép 1-2mSv/năm theo quy định của quốc tế. Tuy nhiên, trong một số vị trí của thân quặng do có điểm dị thường tích tụ U và Th, suất liều chiếu ngoài tăng cao cần phải được lưu ý. Biện pháp đảm bảo an toàn cho điểm dị thường này là chủ đầu tư sẽ mua thiết bị đo đặc bức xạ để nhận dạng điểm dị thường trong quá trình khai thác và có biện pháp thích hợp (giảm thời gian làm việc của công nhân, hạn chế số người làm việc tập trung khu vực này và có che chắn...) để giảm thiểu liều liều cho công nhân làm việc. Tuy nhiên, suất liều này nhỏ hơn quy định của châu Âu và quy định của một số nước cho nhân viên bức xạ.

Bảng 7. Đánh giá rủi ro trong quá trình khai thác và chế biến đất hiếm

Quá trình hoạt động	Nguồn gây tác động	Quy mô tác động	Mức độ tác động	Biện pháp giảm thiểu
Hoạt động khai thác quặng đất hiếm	Ô nhiễm bụi tại khu khai trường	Khu khai trường	Trung bình	Sử dụng thiết bị thu bụi, phun nước giảm bụi, đeo khẩu trang cho công nhân
	Ô nhiễm tiếng ồn và độ rung	Khu khai trường	Trung bình	Lắp đặt cách âm, giảm thiểu tiếng ồn, sử dụng thiết bị giảm rung
	Nước mưa chảy tràn trong khu khai trường và nước trong các moong khai thác	Khu khai trường	Trung bình	Xây dựng hệ thống thoát nước mưa, kiểm tra và xử lý nước thải
Hoạt động của Nhà máy tuyển quặng đất hiếm	Ô nhiễm bụi tại khu vực chứa quặng nguyên khai, quặng tinh	Khu vực nhà máy tuyển	Trung bình	Sử dụng hệ thống thu bụi, trang bị bảo hộ lao động cho công nhân
	Ô nhiễm tiếng ồn và độ rung tại khu vực nghiền, sàng, đánh toir, sàng rung	Khu vực nhà máy tuyển	Trung bình	Lắp đặt cách âm, sử dụng máy móc hiện đại giảm tiếng ồn và độ rung
	Nước thải sinh hoạt của khu vực nhà ở công nhân và khu vực hành chính	Khu vực nhà máy tuyển	Trung bình	Xử lý nước thải, xây dựng hệ thống lọc nước thải và xử lý nước sinh hoạt
Hoạt động của Nhà máy tuyển quặng đất hiếm	Chất thải rắn (chất thải sinh hoạt, chất thải công nghiệp)	Khu vực nhà máy tuyển	Trung bình	Quản lý và phân loại chất thải, xử lý chất thải đúng quy định
	Ô nhiễm chất phóng xạ (radon, U, Th, K)	Khu vực nhà máy tuyển	Trung bình	Kiểm tra định kỳ mức độ phóng xạ, xây dựng hàng rào bảo vệ, cung cấp thiết bị bảo hộ
Kho nguyên liệu và kho xăng dầu	Sự cố rò rỉ xăng dầu	Khu vực nhà máy tuyển	Mạnh	Lắp đặt thiết bị phát hiện rò rỉ, bảo dưỡng định kỳ hệ thống chứa xăng dầu
Kho hóa chất	Sự cố rò rỉ hóa chất	Khu vực nhà máy tuyển	Mạnh	Quản lý chặt chẽ hóa chất, thiết lập khu vực chứa hóa chất an toàn, trang bị bảo hộ

5. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

5.1. Kết luận

Khai thác và chế biến đất hiếm là “mắt xích” quan trọng của công nghiệp 4.0 nhưng tiềm ẩn nhiều rủi ro nghiêm trọng đối với sức khỏe con người và môi trường. Người lao động có nguy cơ cao phơi nhiễm bụi mịn gây bệnh phổi, hóa chất độc hại từ quá trình tinh chế, cũng như bức xạ từ các nguyên tố phóng xạ trong quặng đất hiếm. Thực tiễn tại Trung Quốc – quốc gia sản xuất đất hiếm hàng đầu – đã ghi nhận những tác động tiêu cực lâu dài đến sức khỏe cộng đồng và môi trường khi thiếu các biện pháp kiểm soát chặt chẽ. Trong bối cảnh Việt Nam bắt đầu phát triển ngành công nghiệp đất hiếm, việc chủ động phòng ngừa và quản lý những nguy cơ này là hết sức cần thiết nhằm tránh lặp lại các hệ lụy tương tự.

5.2. Kiến nghị

Để giảm thiểu các rủi ro nêu trên, cần triển khai đồng bộ năm nhóm biện pháp sau:

Hoàn thiện hệ thống pháp lý: Xây dựng và triển khai các quy định pháp lý chặt chẽ về bảo đảm an toàn lao động trong các hoạt động khai thác và chế biến đất hiếm, cùng với việc áp dụng hình thức xử lý nghiêm minh đối với những hành vi vi phạm.

Giám sát sức khỏe người lao động: Thiết lập các chương trình kiểm tra sức khỏe định kỳ cho công nhân, đồng thời cung cấp đầy đủ các thiết bị bảo vệ cá nhân và cải thiện môi trường làm việc, giúp giảm thiểu nguy cơ tiếp xúc với bụi, hóa chất độc hại và phóng xạ.

Ứng dụng công nghệ thân thiện với môi trường: Tăng cường việc ứng dụng các công nghệ khai thác và chế biến hiện đại, có khả năng giảm thiểu phát thải, đồng thời nâng cao hiệu quả trong việc xử lý chất thải, nước thải và khí thải, nhằm hạn chế ô nhiễm và kiểm soát phóng xạ.

Đào tạo và nâng cao kỹ năng an toàn: Tổ chức các khóa đào tạo liên tục về an toàn lao động, quản lý hóa chất và ứng phó sự cố cho công nhân và cán bộ quản lý, qua đó nâng cao ý thức và xây dựng văn hóa an toàn trong các cơ sở khai thác và chế biến.

Công khai thông tin và phát triển bền vững: Cung cấp thông tin rõ ràng về những ảnh hưởng đến môi trường và sức khỏe cộng đồng, đồng thời khuyến khích sự tham gia của cộng đồng trong quá trình phát triển ngành đất hiếm theo hướng bền vững, giúp cân bằng giữa lợi ích kinh tế và bảo vệ sức khỏe, môi trường.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Alliance for Responsible Mining – ARM. (2019). Occupational health and safety – Why mining is one of the most dangerous occupations (ILO).
- [2]. Antonios A. Brouziotis et al. (2022). Toxicity of rare earth elements: An overview on human health impact. *Frontiers in Environmental Science*, 10, 948041.
- [3]. Apostolos Brouziotis et al. (2022). Toxicity of rare earth elements: An overview on human health impact. *Frontiers in Environmental Science*, 10, 948041.
- [4]. Bùi Tất Hợp, Trịnh Đình Huấn. (2012). Tổng quan về đất hiếm ở Việt Nam. *Tạp chí Địa chất (Loạt A)*, 447-456.
- [5]. Censi, Paolo et al. (2011). Yttrium and lanthanides in human lung fluids, probing the exposure to atmospheric fallout. *Journal of Hazardous Materials*, 186(2-3), 1103-1110.
- [6]. Chen J. et al. (2015). Rare earths exposure and male infertility: The injury mechanism study of rare earths on male mice and human sperm. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(3), 2076-2086.
- [7]. Chen Y. et al. (2020). Nd₂O₃ nanoparticles induce toxicity and cardiac/cerebrovascular abnormality in zebrafish embryos via the apoptosis pathway. *International Journal of Nanomedicine*, 15, 387-400.
- [8]. Courtney Gendron. (2024). The hazards of critical minerals: Assessing occupational health risks in the rare earth element mining industry. *The Synergist – AIHA*.
- [9]. Công ty Cổ phần Tập đoàn Thái Dương. (2018). Báo cáo đánh giá tác động môi trường dự án xây dựng công trình khai thác và chế biến quặng đất hiếm mỏ đất hiếm Yên Phú, xã Yên Phú, huyện Văn Yên, tỉnh Yên Bái.
- [10]. Công ty Cổ phần Tập đoàn Thái Dương. (2018). Báo cáo nghiên cứu khả thi dự án xây dựng công trình khai thác và chế biến quặng đất hiếm mỏ đất hiếm Yên Phú, xã Yên Phú, huyện Văn Yên, tỉnh Yên Bái.
- [11]. Darrah, T.H. et al. (2009). Incorporation of excess gadolinium into human bone from medical contrast agents. *Metallomics*, 1(6), 479-488.
- [12]. Galusha A.L. et al. (2018). An assessment of exposure to rare earth elements among patients receiving long-term parenteral nutrition. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 47, 156-163.
- [13]. Gaman, L., et al. (2020). Serum concentration of toxic metals and rare earth elements in children and adolescent. *International Journal of Environmental Health Research*, 30(6), 696-712.
- [14]. Gao, J., et al. (2022). Inflammation and accompanied disrupted hematopoiesis in adult mouse induced by rare earth element nanoparticles. *Science of the Total Environment*, 831, 155416.
- [15]. Han, Y., et al. (2018). High inflammogenic potential of rare earth oxide nanoparticles: The new hazardous entity. *Nanotoxicology*, 12(5), 712-728.

- [16]. Lin, C. H., et al. (2017). Rare-earth nanoparticle-induced cytotoxicity on spatial cognition memory of mouse brain. *Chinese Medical Journal*, 130(22), 2720–2725.
- [17]. Nakamura, Y., et al. (1997). Differences in behavior among the chlorides of seven rare earth elements administered intravenously to rats. *Fundamental and Applied Toxicology*, 37(2), 106–116.
- [18]. Ray, J. G., et al. (2016). Association between MRI exposure during pregnancy and fetal and childhood outcomes. *Journal of the American Medical Association*, 316(9), 952–961.
- [19]. Trần Bình Trọng, Vũ Văn Bích. (2006). Điều tra hiện trạng môi trường phóng xạ vùng Yên Phú, tỉnh Yên Bái. *Liên đoàn Địa chất Xạ – Hiếm, Lưu trữ Địa chất*.
- [20]. Wei, J., et al. (2020). Concentrations of rare earth elements in maternal serum during pregnancy and risk for fetal neural tube defects. *Environmental International*, 137, 105542.
- [21]. Zhao, Y., et al. (2021). Rare earth elements lanthanum and praseodymium adversely affect neural and cardiovascular development in zebrafish. *Environmental Science and Technology*, 55(2), 1155–1166.