

ĐỊNH HƯỚNG PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG CHẾ BIẾN, SỬ DỤNG KHOÁNG SẢN ĐẤT HIẾM VIỆT NAM VÀ BẢO VỆ MÔI TRƯỜNG

TS. Nguyễn Văn Hạnh, TS. Nguyễn Đức Quý

Hội Tuyển khoáng Việt Nam

Tóm tắt: Đất hiếm là nguyên liệu chiến lược cho các ngành công nghệ cao và nông nghiệp xanh có giá trị gia tăng cao, nhưng chủ yếu nằm trong công đoạn tinh chế, chế tạo sản phẩm đất hiếm và sử dụng chúng trong nền kinh tế quốc dân. Là quốc gia có nguồn tài nguyên đất hiếm lớn, nhưng sau hơn 40 năm ngành công nghiệp đất hiếm Việt Nam vẫn chưa định hình rõ rệt, do nhiều nguyên nhân khách quan và chủ quan: chưa đánh giá chuẩn xác giá trị gia tăng của đất hiếm, chính sách phát triển chưa hợp lý, trông chờ công nghệ từ nước ngoài. Vì vậy đã bỏ lỡ những thời cơ phát triển nhanh. Để phát triển bền vững ngành công nghiệp đất hiếm Việt Nam cần nhanh chóng huy động nguồn tài nguyên đất hiếm trong nước; thời sự hóa chiến lược, chính sách phát triển hợp lý, bền vững ngành công nghiệp đất hiếm; phát huy vai trò của khoa học công nghệ và khuyến khích sử dụng đất hiếm vào các ngành công nghiệp, nông nghiệp trong nước.

Mở đầu

Đất hiếm được ứng dụng vào thực tiễn từ những năm cuối thế kỷ XIX và ngày nay nó đã trở thành vật liệu chiến lược cho các ngành công nghệ cao như điện-điện tử, hạt nhân, quang học, quang hoá, hàng không vũ trụ, vật liệu siêu dẫn, siêu nam châm, luyện kim, xúc tác hoá dầu, xúc tác ô tô, thủy tinh, gốm sứ kỹ thuật cao, phân vi lượng nông hoá, trong y dược học và nhiều mục đích khoa học-kỹ thuật khác. Trong nhiều năm qua thị trường đất hiếm thế giới có nhiều biến động, ảnh hưởng lớn tới phát triển chế biến, ứng dụng đất hiếm trong nước.

Việt Nam là một trong số ít những quốc gia trên thế giới có nguồn tài nguyên đất hiếm phong phú và cũng có những cơ hội phát triển, nhưng đã 2 lần bị bỏ lỡ.

Cuộc chiến thương mại giữa Mỹ - Trung hiện nay và cuộc cách mạng công nghiệp 4.0 là cơ hội lần thứ 3 cho phát triển nhanh ngành đất hiếm Việt Nam. Nếu không muốn bỏ lỡ một lần nữa cần tập trung các nguồn lực, đặc biệt là khoa học-công nghệ để huy động được nguồn nội lực và tài nguyên đất hiếm phục vụ sự nghiệp tự động hóa và hiện đại hóa của đất nước.

Để có cái nhìn trực quan hơn, báo cáo sẽ trình bày một số nghiên cứu đánh giá về tài nguyên, trữ lượng và thực trạng khai thác, chế biến sử dụng đất hiếm ở Việt Nam hiện nay để định hướng cho phát triển bền vững tài nguyên đất hiếm Việt Nam.

1. Tài nguyên, trữ lượng đất hiếm Việt Nam

Việt Nam phát hiện và tiến hành điều tra tài nguyên khoáng sản đất hiếm từ cuối những năm 60 của thế kỷ XX, nhưng công tác thăm dò đánh giá trữ lượng mới chỉ được tiến hành từ năm 1990 tại khoáng sàng đất hiếm Đông Pao và đặc biệt mạnh mẽ từ năm 2010 đến nay tại nhiều khoáng sàng đất hiếm khác nhau.

Tài nguyên đất hiếm Việt Nam phân bố ở các khu vực khác nhau nêu trong Bảng 1 với 14.926.346 tấn TREO (theo nguồn: *Geology.com* là 22.000.000 tấn), trong đó tổng trữ lượng các khoáng sàng đã đánh giá là 4.129.508 tấn TREO; đứng hàng thứ 3 trong số các quốc gia có đất hiếm trên thế giới.

Bảng 1. Tài nguyên, trữ lượng đất hiếm Việt Nam [1].

| TT | Tên mỏ, điểm quặng | Thành phần khoáng vật đất hiếm | Hàm lượng TREO (%) | Trữ lượng, tài nguyên (tấn) | |
|----|----------------------------------|---|---|-----------------------------|-------------|
| | | | | 121 + 122 | 333+334a |
| | Đất hiếm Đông Pao | Basnezit, lantanit, parizit | 2,54 ÷ 6,75 | 2.158.380 | 2.552.852 |
| 2 | Đất hiếm Bắc Nậm Xe | Basnezit, parizit, cordilit, fluocerit, sinkizit, lantanit, mariniakit, octit, monazit, xenotim, uranokiecxit | Quặng phong hóa: 2,0 ÷ 16,8; Quặng gốc: 0,6 ÷ 31,35 | 1.744.662 | 5.962.799 |
| 3 | Đất hiếm Nam Nậm Xe | Basnezit, parizit, flogopit, lantanit | 0,50 ÷ 36 | 199.168 | 3.890.891 |
| 4 | Đất hiếm Yên Phú | Xenotim, monazit, samarskit, cheralit, fergusonit, octit | 1,01 ÷ 1,21 | 27.298 | 4.082 |
| 5 | Đất hiếm Mường Hum | Monazit, basnezit, Samarskit, rabdophanit, cordilit, exinit | 1,0 ÷ 3,18 | - | 129.207 |
| 6 | Đất hiếm Bến Đền | Basnezit, parizit, cordilit, fluocerit, sinkizit, Carboncenit | 0,094 ÷ 0,111 | - | 46.085 |
| 7 | Đất hiếm Pom Lâu | Monazit, xenotim, orthit | 0,15 ÷ 4,8 kg/m ³ | - | 1.315 |
| 8 | Đất hiếm Châu Bình | Monazit, xenotim, orthit | 0,15 ÷ 4,8 kg/m ³ | - | 3.366 |
| | Đất hiếm Bản Giốc | Monazit, xenotim, orthit | 0,15 ÷ 4,8 kg/m ³ | - | 2.749 |
| 10 | Sa khoáng ven biển | Monazit, xenotim | - | - | 2.000.000 |
| 11 | Đất hiếm trong mỏ Đồng Sin Quyền | Orthit, alanit | 0,65 | - | 333.000 |
| | Cộng | | | 4.129.508 | *14.926.346 |

(*) Theo nguồn: *Geology.com*: 22.000.000

Tài nguyên, trữ lượng đất hiếm nêu trong Bảng 1 cho thấy đa số là đất hiếm nhóm nhẹ, chỉ có một vài khoáng sàng nhỏ như Yên Phú, Mường Hum là giàu đất hiếm nhóm nặng. Ngoài đất hiếm, một số mỏ còn có các thành phần khác cộng sinh có giá trị kinh tế có thể khai thác như barit và fluorit với hàm lượng cao trong mỏ Đông Pao, Nam Nậm Xe và Bắc Nậm Xe.

2. Thực trạng khai thác, chế biến và sử dụng đất hiếm Việt Nam

2.1. Quá trình nghiên cứu phát triển

Việt Nam đã bắt đầu nghiên cứu, phát triển đất hiếm từ trước năm 1970. Công tác điều tra, thăm dò đánh giá tài nguyên đất hiếm được Liên đoàn Địa chất Xạ hiếm, thuộc Tổng Cục Địa chất tiến hành. Công tác nghiên cứu phát triển chế biến, chế tạo và ứng dụng sản phẩm đất hiếm trong các đề tài thuộc Chương trình Khoa học công nghệ trọng điểm Quốc gia mã số 24-02 và 24C (1980–1990). Đã thu hút trên 50 tiến sĩ và hàng trăm cán bộ khoa học có trình độ đại học trở lên tại nhiều Bộ, ngành, Viện và Trường đại học tham gia nghiên cứu nhiều đề tài liên quan đến công nghệ khai thác, chế biến, chế tạo và sử dụng sản phẩm đất hiếm. Sau năm 1990, một số đề tài, đề án nghiên cứu đất hiếm cấp Nhà nước và cấp Bộ, ngành vẫn được tiếp tục tiến hành. Các kết quả nghiên cứu có thể tóm lược trong Bảng 2.

Bảng 2. Các kết quả nghiên cứu chế biến đất hiếm chính [3, 4, 5]

| TT | Cơ quan | Nội dung | Kết quả, sản phẩm | Quy mô |
|---|--------------------------------|---|---|--|
| 1. Chế biến thô (tuyển khoáng và thủy luyện) | | | | |
| 1.1 | Đơn vị P70-Bộ Cơ khí Luyện kim | Tuyển, luyện quặng đất hiếm Nam Nậm Xe | - Quy trình công nghệ tuyển trọng lực. - 10 tấn Q. tinh 30 % TREO | -Thí nghiệm lớn |
| 1.2 | Viện Luyện kim màu | Tuyển, luyện quặng đất hiếm Đông Pao (24C), Yên Phú | - Quy trình công nghệ tuyển vật lý. - 10 tấn Q. tinh 33% REO (Đông Pao); 5 tấn Q.tinh 30% TREO (Yên Phú) - Quy trình thủy luyện TREO 95 % | -Thí nghiệm Pilot; SX thử -Thí nghiệm lớn |
| | | Tuyển, luyện quặng (Nam, Bắc) Nậm Xe | - Quy trình công nghệ tuyển tuyển nổi, tuyển từ - Quy trình thủy luyện TREO 95 % | -Thí nghiệm nhỏ |
| 1.3 | Viện 481(24C) | -Thủy luyện quặng Đông Pao | - Quy trình thủy luyện - 30 tấn TREO 95 %. | -Thí nghiệm Pilot |
| 1.4 | Viện Xạ hiếm | - Tuyển, luyện quặng Yên Phú | - Quy trình công nghệ tuyển tuyển nổi. Q. tinh 30% REO - Quy trình thủy luyện TREO 95 % | -Thí nghiệm nhỏ |
| | | -Thủy luyện quặng tinh Đông Pao | - Quy trình thủy luyện TREO 95 % | -Thí nghiệm lớn |
| 2. Tinh chế và chế tạo sản phẩm | | | | |
| 2.1 | -Viện Vật lý | -Phân chia REO riêng rẽ (quặng Đông Pao) | -Công nghệ trao đổi ion và chiết dung môi chế tạo CeO ₂ , La ₂ O ₃ kỹ thuật, TREO | -Thí nghiệm nhỏ |
| 2.2 | Trường Đại học Tổng hợp Hà Nội | -Phân chia REO - Chế tạo vật liệu từ Nd.Fe.Bo | -Công nghệ trao đổi ion chế tạo CeO ₂ , La ₂ O ₃ kỹ thuật. -100 gam hợp kim từ Nd.Fe.Bo | -Thí nghiệm nhỏ |

| | | | | |
|-----|------------------------|---------------------------------------|--|--------------------------|
| 2.3 | Viện 481 | -Điện phân muối nóng chảy | Mismetall; Re kim loại riêng rẽ | -Thí nghiệm nhỏ, lò 500A |
| 2.4 | Viện Công nghệ Xạ hiếm | -Phân chia REO riêng rẽ | -Công nghệ chiết dung môi chế tạo CeO_2 , La_2O_3 , Nd_2O_3 , Pr_6O_{11} > 99,9% | -Thí nghiệm Pilot |
| | | -Điện phân muối nóng chảy | - Công nghệ chế tạo kim loại Ce, La, Nd, Pr 99 %. | -Thí nghiệm nhỏ |
| | | - Chế tạo hợp kim trung gian đất hiếm | - 30 tấn hợp kim FeSiRe có hàm lượng 18-30 % TREO cho biến tính gang và thép | - Lò điện hồ quang 50KVA |
| 2.5 | Viện Luyện kim màu | -Chế tạo hợp kim trung gian đất hiếm | -Công nghệ chế tạo hợp kim trung gian FeSiRe từ quặng tinh đất hiếm -10 tấn hợp kim FeSiRe 18-30 % TREO cho trục cán thép | -Lò điện hồ quang 50KVA |

Như vậy có thể thấy: các nghiên cứu công nghệ tuyển khoáng và thủy luyện phần lớn vẫn dừng lại ở quy mô thí nghiệm nhỏ trong phòng, chỉ một số ít mô được xác lập trên cơ sở thí nghiệm bán công nghiệp. Một số mỏ titan sa khoáng biển có chứa đất hiếm đã được đưa vào khai thác, nhưng sản phẩm đất hiếm chỉ là các tinh quặng monazit có hàm lượng 54 % ÷ 58 % TREO. Các kết quả nghiên cứu tinh chế và chế tạo sản phẩm tiếp theo cũng chủ yếu là ở quy mô phòng thí nghiệm và một phần nhỏ là quy mô pilot. Trong phân chia các kim loại đất hiếm riêng rẽ đã tách được một số nguyên tố đất hiếm nhóm nhẹ như CeO_2 , La_2O_3 , Pr_6O_{11} và Nd_2O_3 với độ sạch ~ 99,9%. Trong nghiên cứu luyện kim đã đạt được sản phẩm hợp kim trung gian Fe-Si-RE. 18-22% TREO và một vài nguyên tố Ce, La và Nd.

Đã có nhiều đối tác nước ngoài đến Việt Nam lập dự án hợp tác về đất hiếm như Ba Lan, Tiệp Khắc, Đức, Pháp, Hàn Quốc, Ấn Độ, Nhật Bản... Nhưng do nhiều nguyên nhân khách quan và chủ quan, trong đó có sự chậm trễ trong cấp phép khai thác mỏ, nên chưa dự án nào triển khai được. Đồng thời đã bỏ lỡ nhiều thời cơ để tiếp nhận công nghệ tiên tiến của nước ngoài vào xây dựng, phát triển ngành công nghiệp đất hiếm Việt Nam.

2.2. Tình hình đầu tư phát triển đất hiếm tại Việt Nam

Trước những năm 2009 chỉ có 1 đơn vị là Công ty Đất hiếm Đông Pao của Vinacomin quản lý công tác thăm dò mỏ Đông Pao khai thác mỏ CaF_2 và một vài chục tấn quặng giàu bastnesit ($\geq 30\%$ TREO) để sử dụng trong nước. Các cơ sở khai thác sa khoáng titan ven biển hàng năm cũng thu hồi được khoảng 500 tấn quặng tinh monazit có hàm lượng 54 ÷ 58 % TREO để xuất khẩu tiểu ngạch.

Từ năm 2010 đến nay do cuộc khủng hoảng đất hiếm trên thế giới bởi chính sách hạn chế xuất khẩu đất hiếm của Trung Quốc, việc nghiên cứu và đầu tư phát triển đất hiếm tại Việt Nam được khởi động lại với hàng loạt các dự án thống kê trong Bảng 3.

Bảng 3. Các dự án đầu tư nghiên cứu phát triển đất hiếm tại Việt Nam[2, 3, 4]

| TT | Dự án | Chủ đầu tư | Hiện trạng |
|-----------|--|---|--|
| 1 | Đề án thăm dò quặng đất hiếm mỏ Nam Nậm Xe và mỏ Bắc Nậm Xe. | Tập đoàn Hưng Hải, Việt Nam | Đã thăm dò, đánh giá trữ lượng và chuẩn bị các thủ tục để xin cấp quyền khai thác mỏ. |
| 2 | Đầu tư xây dựng khai thác và chế biến quặng đất hiếm khu vực Yên Phú | Công ty CP Tập đoàn Thái Dương | Đã được cấp quyền khai thác mỏ, đang khai thác và sản xuất thử nhà máy tuyển. |
| 3 | Đầu tư xây dựng tổ hợp khai thác, tuyển và thủy luyện quặng đất hiếm Đông Pao | Công ty Cổ phần Đất hiếm Lai Châu-VIMICO (Lavrenco) | Đã được cấp quyền khai thác mỏ, đang xây dựng dự án khai thác – tuyển. |
| 4 | Nhà máy tái chế đất hiếm từ các động cơ điện để sản xuất kim loại Nd, Pr tại Hà nam | Công ty TNHH Showa Denko - Đất hiếm Việt Nam | Hoạt động sản xuất từ 10/2008. |
| 5 | Nhà máy tái chế đất hiếm từ pin, điện thoại di động để sản xuất vật liệu từ Nd-Fe-Bo Tại Hải phòng | Công ty Shin - Etsu Chemical Co. Ltd Nhật Bản | Dự án khởi công xây dựng từ tháng 10/2014; đi vào sản xuất 2016. 100% sản phẩm xuất khẩu. |
| 6 | Nhà máy luyện kim loại đất hiếm tại khu công nghiệp Việt Hưng, Quảng Ninh | Công ty TNHH Đất hiếm Việt Nam–Singapore | Nhà máy đã đi vào sản xuất với nguồn nguyên liệu được nhập khẩu từ nước ngoài và 100% sản phẩm được xuất khẩu. |
| 7 | Nhà máy chiết tách, tinh chế ôxit đất hiếm tại Hà Nam | Công ty CP đất hiếm Việt Nam – VTRE, JSC | Đã vào sản xuất với nguồn nguyên liệu REO nhập khẩu từ nước ngoài. Sản phẩm xuất khẩu 100%. |
| 8 | Trung tâm nghiên cứu và chuyển giao công nghệ đất hiếm | Viện Công nghệ Xa hiếm (thuộc Viện Năng lượng Nguyên tử Quốc gia) | Đang tiến hành nghiên cứu công nghệ chế biến các ôxit và kim loại đất hiếm riêng rẽ. |
| 9 | Nhà máy tái chế đất hiếm từ các động cơ điện để sản xuất kim loại Nd, Pr tại Bắc Ninh | Công ty TNHH Đất hiếm Việt Nam | Nhà máy đã đi vào sản xuất và 100% sản phẩm được xuất khẩu. |
| 10 | Nhà máy sản xuất kim loại và hợp kim đất hiếm | Công ty TNHH SRE Việt Nam của TD. Thương mại Tokai (Nhật Bản) | KCN Đồng Văn II, Duy Tiên, Hà Nam từ 03/2019 |
| 11 | Khai thác và chế biến đất hiếm Nậm Xe | Công ty CP khai thác và chế biến đất hiếm Nậm Xe (Lai Châu) | Được cấp phép và hoạt động từ 03/2019 |

| | | | |
|----|---|--|---|
| 12 | Nhà máy khai thác, chế biến các loại oxit, hợp kim, kim loại màu quý hiếm tại Quảng Ngãi. | Công ty CP đất hiếm Việt Nam, JSC (<i>Km 9, Nguyễn Trãi, Thanh Xuân, Hà Nội</i>) | Khai thác và chế biến các loại oxit, hợp kim, kim loại màu quý hiếm |
|----|---|--|---|

Cho tới nay đã có 12 dự án đầu tư nghiên cứu và phát triển đất hiếm được cấp phép trên lãnh thổ Việt Nam, trong đó có bốn dự án đầu tư khai thác mỏ là nguồn vốn trong nước (một dự án bắt đầu hoạt động) còn lại các dự án chế biến (luyện kim và chiết tách, tinh chế đất hiếm) chủ yếu là vốn của nước ngoài, hoạt động với nguồn nguyên liệu nhập khẩu hoặc tái chế từ phế liệu điện tử và sau đó xuất khẩu sản phẩm 100% (gần như gia công thuê). Năm 2018 Việt Nam đã sản xuất và xuất khẩu 400 tấn đất hiếm [19].

2.3. Tình hình sử dụng đất hiếm tại Việt Nam

Các nghiên cứu ứng dụng đất hiếm đã được triển khai trong một số lĩnh vực nông nghiệp, chế tạo nam châm vĩnh cửu, biến tính thép, chế tạo hợp kim cầu hoá gang, thủy tinh, bột mài, chất xúc tác xử lý khí thải trong các lò đốt rác y tế, khí thải ô tô, làm tăng hiệu suất đốt nhiên liệu cho động cơ... (xem Bảng 4). Nhưng các nghiên cứu này chủ yếu vẫn dừng lại ở quy mô phòng thí nghiệm. Chỉ có một số kết quả nghiên cứu được ứng dụng để sản xuất với quy mô nhỏ lẻ như hợp kim trung gian, thủy tinh, phân bón vi lượng, máy tuyền từ dùng nam châm Nd-Fe-Bo... Tuy nhiên nam châm vẫn phải nhập khẩu của Trung Quốc.

Gần đây việc ứng dụng đất hiếm trong nông nghiệp đã được xúc tiến mạnh hơn với một số nghiên cứu và sản xuất đưa vi lượng đất hiếm vào phân bón cho cây trồng hoặc phụ gia thức ăn cho chăn nuôi gia súc và thủy sản tại một số đơn vị như: Viện Khoa học Vật liệu (Viện HLKH&CN Việt Nam), Viện Công nghệ Xạ hiếm, Viện thổ nhưỡng và Nông hoá, Viện Khoa học Nông nghiệp, Trường Đại học Vinh, Trường Đại học Cần Thơ và Công ty CP Nông nghiệp Thành Đô.

Từ năm 1993 Viện Khoa học Vật liệu – Viện hàn lâm KH&CN Việt Nam đã nghiên cứu chế tạo thành công Chế phẩm phun lá ĐH 93 dùng trong nông nghiệp như một thứ phân bón vi lượng, giảm lượng phân bón thông thường. Với kết quả thử nghiệm trên lúa, cho thấy lúa được phun ĐH 93 tăng 7% đến 12% sản lượng, giảm lượng hạt lép, lá lúa dày hơn, cứng cáp hơn; đỗ tương được phun ĐH 93 cũng tăng năng suất từ 7-19%; ngoài ra hiệu quả cũng thu được đối với cây lạc và cây điều khi dùng ĐH93. Đặc biệt, lúa trở đều, chín sớm hơn một tuần giảm nhiều công chăm sóc. Công nghệ ứng dụng đất hiếm này đã được chuyển giao cho Tỉnh Đồng Tháp, một vựa lúa của Nam Bộ để sản xuất phân vi lượng ĐH 93 [11, 13]. Từ năm 2014 Công ty CP Nông nghiệp Thành Đô đã bắt đầu sản xuất và đưa vào thử nghiệm một số loại phân NPK + vi lượng đất hiếm tại một số tỉnh cho một số loại cây trồng khác nhau như cây lúa, chè, ngô, lạc, cà phê, vải, nhãn, cam... Kết quả nhận được đều phản ánh tích cực, giảm sâu bệnh, làm tăng năng suất các loại cây trồng từ 4 - 15 % và chất lượng của sản phẩm lại cao hơn [12, 13, 14].

Trong chăn nuôi gia súc, các chế phẩm của đất hiếm có thể tăng trọng lượng của vật nuôi lên từ 10 – 20 %. Các sản phẩm phụ gia thức ăn đất hiếm có thể thay thế thuốc kháng sinh, tạo điều kiện thuận lợi cho một số enzym có lợi cho chuyển hóa thức ăn, có khả năng thúc đẩy sự tăng trưởng của động vật, tăng trọng nhanh, giảm chi phí thức ăn, nâng cao tỷ lệ sống, nâng cao sức đề kháng đối với bệnh tật. Nghiên cứu cũng chỉ ra, việc sử dụng phụ gia thức ăn đất hiếm trong chăn nuôi cho phép người chăn nuôi dùng liều nhỏ, giá cả thấp mà hiệu quả. Các nghiên cứu sâu về tác động sinh học của đất hiếm đối với vật nuôi cũng cho thấy các liều dùng đã nghiên cứu, sản phẩm phụ gia thức ăn có chứa đất hiếm là an toàn đối với động vật và các sản phẩm từ động vật [6, 7, 8, 14].

Bảng 4. Các kết quả nghiên cứu ứng dụng đất hiếm Việt Nam [3, 4, 5]

| TT | Cơ quan | Nội dung | Kết quả, sản phẩm | Quy mô |
|--------------------------|--|--|--|--------------------------------------|
| Ứng dụng đất hiếm | | | | |
| 3.1 | Đơn vị P70 | Hợp kim đá lửa | ~ 30.000 viên đá lửa | -Thí nghiệm |
| 3.2 | Các XN đúc và luyện kim; nhà máy cơ khí | Nấu hợp kim trung gian, biến tính kim loại | - Trục cán thép, tấm lót và bi nghiền, gang cầu, 100 tấn | -Lò nấu công nghiệp nhỏ |
| 3.3 | Liên hiệp KHSX Thủy tinh, Viện KH Vật liệu | Nấu thủy tinh kỹ thuật, thủy tinh màu | ~ 100 tấn sản phẩm thủy tinh pha lê, thủy tinh quang học, đổi màu | -Lò nấu công nghiệp nhỏ |
| 3.4 | Nhà máy sứ Thái Bình | Chế tạo men và bột màu cho gốm sứ | -Một số loại men màu và bột màu cho gốm sứ | -Sản phẩm cho tiêu dùng |
| 3.5 | Viện KH Vật liệu | -Chế tạo và ứng dụng vật liệu từ | ~ 100 động cơ phát điện gió và thủy điện ~ 50 máy tuyển từ nam châm đất hiếm | -Công suất 1 – 5 kW -Sản xuất nhỏ |
| | | -Chế tạo vật liệu xúc tác | Công nghệ chế tạo vật liệu xúc tác đất hiếm xử lý khí thải ô tô, xe máy, đốt rác thải y tế | -Thí nghiệm nhỏ |
| | | - Phân bón vi lượng. - Thuốc chống mối | -Sử dụng cho nông nghiệp -Chống mối mọt cho gỗ | -Sản xuất nhỏ |
| 3.6 | Viện Vật lý | Chế tạo bột mài | -200 kg bột mài cho thủy tinh quang học, đá quý, granit | -Sản xuất nhỏ |
| 3.7 | Viện Công nghệ Bộ Quốc phòng | Chế tạo gốm áp điện | - Công nghệ chế tạo gốm áp điện | -Thí nghiệm |
| 3.8 | Viện Luyện kim màu | -Chế tạo hợp kim trung gian đất hiếm | - Biến tính vòng găng máy nổ diesel - Biến tính nhôm làm dây dẫn điện | -Thí nghiệm nhỏ |

| | | | | |
|------|--|---|---|---|
| 3.9 | Viện Công nghệ Xạ hiếm | -Phân bón vi lượng, phụ gia thức ăn chăn nuôi | - Sử dụng cho nông nghiệp, chăn nuôi gia súc và thủy sản | - Thử nghiệm - có thể chuyển giao |
| 3.10 | ĐH. Vinh, ĐH. Cần thơ, Viện KHNN, C.ty Thành Đô) | -Phân bón vi lượng, phụ gia thức ăn chăn nuôi | -Sử dụng cho một số loại cây trồng, chăn nuôi gia súc và thủy sản | -Thử nghiệm, SX phân bón NPK + Đất hiếm |

3. Định hướng phát triển công nghiệp đất hiếm Việt Nam

Khả năng ứng dụng đất hiếm trong các ngành công nghiệp và nông nghiệp ở trong nước ngày càng được mở rộng. Tình hình thị trường đất hiếm thế giới hiện nay còn nhiều biến động do vậy để có định hướng đúng cho phát triển bền vững công nghiệp đất hiếm Việt Nam cần phải đánh giá nghiêm túc nguyên nhân khách quan và chủ quan các tồn tại trong chế biến và ứng dụng đất hiếm ở Việt Nam.

3.1. Những nguyên nhân khách quan và chủ quan

- 1/ Việt Nam nằm bên cạnh Trung Quốc là một cường quốc về đất hiếm, đã và đang sản xuất để cung cấp trên 80% lượng đất hiếm tiêu dùng hàng năm trên thế giới.
- 2/ Ngành công nghiệp hoá chất trong nước còn kém phát triển, chưa có kinh nghiệm chế biến sâu các sản phẩm từ khoáng sản nói chung và đất hiếm nói riêng.
- 3/ Tiềm năng kinh tế tài chính trong nước còn rất hạn chế.
- 4/ Đánh giá chưa chuẩn xác về giá trị gia tăng của đất hiếm. Do vậy chúng ta chưa hoạch định được chiến lược, chính sách và quy hoạch phát triển hợp lý tài nguyên đất hiếm của Việt Nam, nên đã bỏ lỡ những thời cơ để phát triển nhanh ngành đất hiếm Việt Nam.

Giá trị gia tăng thực sự cao của đất hiếm chủ yếu nằm trong công đoạn tinh chế, chế tạo sản phẩm đất hiếm và hiệu quả kinh tế mang lại khi sử dụng chúng trong các ngành kinh tế quốc dân. Điều này có thể thấy qua ví dụ nêu trong bảng 5.

Bảng 5. Giá trị gia tăng của đất hiếm khi được ứng dụng trong công nghiệp (theo thời giá 2011)

| Hóa chất | Giá trị ban đầu (USD/kg) | Giá trị trong sản phẩm tiêu dùng (USD/kg) |
|--------------------------------|--------------------------|---|
| CeO ₂ | 100 | 13.000 (theo CeO ₂) |
| La ₂ O ₃ | 95 | 4.700 (theo La-trong xúc tác) |
| Nd | 400 | 15.000 (theo Nd-trong hợp kim) |
| Y | 190 | 77.000 (theo Y- trong xúc tác LED) |

Nguồn BBC Research

Các ứng dụng đem lại giá trị gia tăng lớn đòi hỏi đất hiếm có độ tinh khiết cao, nhưng cũng có những lĩnh vực không cần sử dụng đất hiếm tinh khiết, thậm chí sản phẩm ban đầu của đất hiếm có thể áp dụng mang lại hiệu quả rất lớn như ứng dụng trong biến tính kim loại, thủy tinh–gốm sứ, nông nghiệp cho trồng trọt và chăn nuôi.

5/ Chính sách phát triển đất hiếm chưa phù hợp với trình độ khoa học, công nghệ, tiềm lực trong nước: đòi hỏi phải nghiên cứu công nghệ chế biến sâu thật hoàn thiện mới đưa vào ứng dụng sản xuất công nghiệp, trong khi cơ sở khoa học, công nghệ ở trong nước còn nhiều hạn chế. Chỉ chú trọng hướng tới xuất khẩu đất hiếm ra nước ngoài, mà chưa có chính sách khuyến khích, thúc đẩy ứng dụng ở trong nước, mặc dù nhu cầu là không nhỏ.

6/ Quá kỳ vọng vào sự hợp tác với nước ngoài và trông chờ vào sự chuyển giao công nghệ chế biến sâu đất hiếm từ nước ngoài cho nên không chú trọng nghiên cứu triển khai công nghệ chế biến sâu và ứng dụng đất hiếm vào các ngành sản xuất. Đồng thời cũng không chủ động huy động các nguồn lực trong nước để tự phát triển ngành công nghiệp đất hiếm với quy mô và trình độ công nghệ thích hợp. Tuy đã có những thỏa thuận hợp tác với nội dung và mức độ khác nhau với các nước nhưng cho đến nay ngành công nghiệp đất hiếm Việt Nam hầu như chưa có tiến triển.

3.2. Những thuận lợi cho phát triển công nghiệp đất hiếm Việt Nam

Ngành đất hiếm Việt Nam đã bỏ lỡ những thời cơ phát triển và đang đứng trước những thách thức, nhưng cũng có cơ hội và những thuận lợi cơ bản có thể tận dụng để phát triển:

1. Nguồn tài nguyên đất hiếm lớn và có khả năng khai thác sử dụng tổng hợp các khoáng cộng sinh để giảm giá thành sản phẩm.
2. Nhu cầu các sản phẩm đất hiếm của các ngành công nghiệp và nông nghiệp trong nước tương đối lớn.

Theo đánh giá của ISMI: với quy mô đầu tư vào các ngành công nghiệp có liên quan thì nhu cầu về các sản phẩm đất hiếm của Việt Nam vào khoảng 3.500- 5.000 tấn/năm. Ngoài ra nhu cầu đất hiếm cho phân bón vi lượng trong nông nghiệp và phụ gia thức ăn chăn nuôi gia súc và nuôi trồng thủy sản là khá lớn.

3. Thị trường xuất khẩu đất hiếm từ năm 2019 có nhiều triển vọng sang sủa hơn do các nước tiêu dùng nhiều đất hiếm không chịu chấp nhận chính sách độc quyền cung cấp đất hiếm của Trung Quốc. Nguồn cung cấp đất hiếm trên thế giới hiện tại và trong nhiều năm tới được dự báo là sẽ bị thắt chặt hơn trong khi nhu cầu ngày càng tăng cao.

Tuy nhiên sự chênh lệch cung/cầu của các nguyên tố đất hiếm lại rất khác nhau, dẫn tới các nguyên tố đất hiếm nhóm nhẹ thì trở lên dư thừa nhưng các nguyên tố nhóm nặng và một vài nguyên tố nhóm nhẹ như Nd, Pr và Eu thì vẫn thiếu (Bảng 6).

Bảng 6. Dự báo quan hệ cung/cầu đất hiếm Thế giới năm 2015

| Nguyên tố | Nhu cầu (tấn) | Cung cấp (tấn) | Chênh lệch cung cầu |
|-----------|---------------|----------------|---------------------|
|-----------|---------------|----------------|---------------------|

| | | | Tấn | Tỉ lệ % |
|-------------|--------|--------|------------|----------------|
| La | 42.000 | 59.000 | +17.000 | +29 |
| Ce | 49.000 | 90.000 | +51.000 | +57 |
| Pr | 15.000 | 11.000 | -4.000 | -36 |
| Nd | 41.000 | 36.000 | -5.000 | -14 |
| Sm | 900 | 4.500 | +3.600 | +80 |
| Eu | 900 | 800 | -100 | -13 |
| Gd | 2.100 | 3.000 | +900 | +30 |
| Tb | 500 | 400 | -100 | -25 |
| Dy | 2.500 | 1.700 | -800 | -47 |
| Er | 1.200 | 700 | -500 | -71 |
| Y | 15.000 | 15.000 | 0 | 0 |
| Ho-Tm-Yb-Lu | 300 | 250 | -50 | -20 |

Nguồn: Roskill, Imarc và Sumitomo corporation

4. Trong nhiều năm qua ở trong nước đã xây dựng được cơ sở vật chất và đào tạo được đội ngũ cán bộ nghiên cứu về đất hiếm, có khả năng tiếp cận và áp dụng các công nghệ chế biến và sử dụng đất hiếm tiên tiến của thế giới vào thực tế sản xuất ở trong nước.

5. Bước đầu trong nước đã có một số cơ sở chế biến sâu và chế tạo sản phẩm đất hiếm được xây dựng và đưa vào sản xuất, nhưng đang phải nhập nguyên vật liệu đất hiếm từ nước ngoài.

Để những thuận lợi cơ bản trên đây trở thành động lực phát triển cần có định hướng phát triển hợp lý, bền vững ngành công nghiệp đất hiếm Việt Nam.

3.3. Định hướng phát triển công nghiệp đất hiếm Việt Nam

1/ Nhanh chóng huy động nguồn tài nguyên đất hiếm của Việt Nam

Ngành công nghiệp đất hiếm hàng đầu thế giới là Trung Quốc phải hạn chế xuất khẩu sản phẩm đất hiếm và tái cơ cấu nhằm khắc phục tình trạng lãng phí tài nguyên, ô nhiễm môi trường và hiệu quả sản xuất kinh doanh thấp. Quá trình tái cơ cấu cần phải có thời gian và kinh phí; sau khi hoàn thành, giá cả sản phẩm đất hiếm có thể sẽ không thể thấp như trước đây.

Để giải quyết nhu cầu nguyên vật liệu đất hiếm, nhiều dự án đầu tư mới cho khai thác các mỏ đất hiếm bên ngoài Trung Quốc và tái chế đất hiếm đang được tiến hành. Nhưng việc thực hiện đầu tư xây dựng các dự án đất hiếm mới cần phải có thời gian và kinh phí. Theo kinh nghiệm của thế giới, để đưa một mỏ đất hiếm vào khai thác, chế biến phải mất từ 6-10 năm và kinh phí đầu tư cho công đoạn tinh chế và chế tạo các sản phẩm đất hiếm tương đối lớn, tới 30.000 USD cho 1 tấn công suất.

Tình hình thị trường đất hiếm thế giới hiện nay đang là thời cơ nhưng cũng là thách thức cho phát triển tài nguyên đất hiếm Việt Nam. Chúng ta cần phải có chính sách và biện pháp hữu hiệu để nhanh chóng khai thác, chế biến và chế tạo sản phẩm

đất hiếm để ứng dụng vào các ngành kinh tế trong nước đồng thời cung cấp cho thị trường khu vực và thế giới.

Nghiêm trọng hơn vì chậm đầu tư xây dựng cơ sở khai thác, chế biến quặng đất hiếm quy mô công nghiệp nên đã xuất hiện tình trạng khai thác và xuất khẩu trái phép quặng đất hiếm mỏ Đông Pao sang Trung Quốc.

Vì vậy, nhiệm vụ cấp bách và quan trọng là phải khẩn trương đầu tư xây dựng và đưa vào hoạt động cơ sở khai thác, chế biến đất hiếm có quy mô và công nghệ hợp lý. Đồng thời cần tiến hành nghiên cứu triển khai chế tạo và ứng dụng một số sản phẩm đất hiếm có khối lượng và chất lượng phù hợp với nhu cầu của các ngành công nghiệp, nông nghiệp ở trong nước và tìm thị trường xuất khẩu, tạo đà cho phát triển ở quy mô sản xuất lớn hơn trong giai đoạn tiếp theo.

2/ Thời sự hóa chiến lược, chính sách và quy hoạch phát triển bền vững ngành công nghiệp đất hiếm Việt Nam.

Khác với quy hoạch phân vùng thăm dò, khai thác, chế biến và sử dụng đất hiếm đã ban hành, cần tập hợp các chuyên gia trong nước và ngoài nước có đủ trình độ để xây dựng chiến lược, chính sách và quy hoạch để phát triển hợp lý và bền vững ngành công nghiệp đất hiếm Việt Nam. Các đề án phải có luận cứ khoa học, kinh tế, khách quan và thực tiễn. Tránh áp đặt ý kiến chủ quan và tác động của lợi ích cá nhân cục bộ, địa phương và trước mắt khi lập quy hoạch, chia nhỏ vùng mỏ để cấp phép hoạt động, tài trợ tín dụng ngân hàng và xuất nhập khẩu khoáng sản đất hiếm.

Trong quá trình nghiên cứu lập chiến lược, chính sách và quy hoạch cần lưu ý đến một số vấn đề sau đây:

- Chọn thứ tự ưu tiên các vùng mỏ đưa vào khai thác, các dự án chế biến và chế tạo sản phẩm đất hiếm và các ngành công nghiệp, nông nghiệp sử dụng đất hiếm. Nên tập trung đầu tư vào khai thác đất hiếm tại mỏ quặng có điều kiện khai thác thuận lợi. Tránh mở rộng đồng thời khai thác nhiều mỏ cũng như thăm dò tràn lan gây lãng phí tiền của.

- Lựa chọn phương án sản phẩm hợp lý về chủng loại, khối lượng, chất lượng và giá trị phù hợp với nhu cầu trong nước, thị trường khu vực và thế giới và trình độ phát triển khoa học công nghệ (kể cả các dự án hợp tác và liên doanh với nước ngoài)...

- Quan tâm đến việc thu hồi các khoáng vật cộng sinh và nguyên tố đi kèm để sử dụng tổng hợp tài nguyên, giảm thiểu phế thải và giảm giá thành sản phẩm.

- Bảo đảm được sự đồng bộ và mối liên kết dọc và ngang hợp lý giữa các công đoạn thăm dò, khai thác, chế biến thô, tinh chế, chế tạo và tiêu thụ sản phẩm đất hiếm của các ngành công nghiệp, nông nghiệp trong nước và thị trường xuất khẩu.

- Cần chú ý đến công tác bảo vệ môi trường, đặc biệt là môi trường tự nhiên, kinh tế, văn hóa xã hội của các vùng mỏ. Đồng thời cũng phải có các giải pháp xử lý, giảm thiểu tác động môi trường của các nguồn phóng xạ, các nguồn thải khí, lỏng và rắn độc hại khi khai thác, chế biến, tinh chế và chế tạo các sản phẩm đất hiếm.

3/ Ưu tiên phát triển sử dụng đất hiếm trong nước

Việc chế tạo và sử dụng đất hiếm tại Việt Nam trong thời gian vừa qua chủ yếu là nghiên cứu ở quy mô nhỏ phòng thí nghiệm và bán công nghiệp, chưa được áp dụng vào sản xuất công nghiệp. Điều đó vừa hạn chế sự phát triển các cơ sở chế biến, chế tạo sản phẩm đất hiếm, vừa kìm hãm khả năng mở rộng lĩnh vực và khối lượng sản phẩm đất hiếm sử dụng của các ngành công nghiệp, nông nghiệp trong nước.

Để đáp ứng nhu cầu sử dụng trong nước trong thời gian vừa qua chúng ta phải nhập khẩu nhiều nguyên liệu đất hiếm từ Trung Quốc như các oxyt đất hiếm, hợp kim trung gian và vật liệu từ.

Trong thời gian tới cần phải đẩy mạnh việc nghiên cứu phát triển sử dụng đất hiếm trong các ngành công nghiệp, nông nghiệp, y dược và bảo vệ môi trường...Muốn vậy:

- Cần coi mục tiêu phát triển ngành đất hiếm trong giai đoạn đầu là nhu cầu thị trường trong nước. Đặt mục tiêu hiệu quả kinh tế tổng hợp từ các ngành công nghiệp, nông nghiệp sử dụng sản phẩm đất hiếm lên hàng đầu và là động lực để phát triển công nghiệp đất hiếm Việt Nam. Vì vậy cần có chính sách hỗ trợ các đề án nghiên cứu ứng dụng đất hiếm vào các ngành sản xuất công nghiệp, nông nghiệp, các lĩnh vực có liên quan, đặc biệt là các lĩnh vực có khả năng tiêu thụ lớn sản phẩm đất hiếm để tạo ra thị trường tiêu thụ đất hiếm trong nước như bột màu trong sơn, xúc tác hoá dầu và ô tô; trong sản xuất gốm sứ, hợp kim biến tính kim loại đen và kim loại màu, phân bón vi lượng trong nông nghiệp, phụ gia thức ăn chăn nuôi gia súc, nuôi trồng thủy sản.

- Cần tuyên truyền và phổ biến về hiệu quả kinh tế, xã hội và môi trường của việc sử dụng nguyên vật liệu đất hiếm trong các ngành kinh tế quốc dân, đặc biệt là các công nghệ sạch như: năng lượng xanh, phương tiện vận tải điện hybrid, xử lý nước, quốc phòng và công nghệ cao.

4/ Phát huy vai trò của khoa học công nghệ

Sự phát triển công nghiệp đất hiếm trên thế giới phụ thuộc vào trình độ phát triển khoa học công nghệ và kinh tế của mỗi nước và khu vực. Chế biến và sử dụng đất hiếm là ngành khoa học công nghệ cao và đòi hỏi sự hợp tác liên ngành.

Vì vậy để nghiên cứu phát triển khoa học công nghệ về đất hiếm cần phải có chính sách và biện pháp thích hợp:

- Tăng cường hợp tác nghiên cứu khoa học công nghệ với các nước phát triển. Tận dụng những tiến bộ khoa học công nghệ và kinh nghiệm phát triển ngành công nghiệp đất hiếm của nước ngoài.

- Tập hợp và phát huy được năng lực của đội ngũ cán bộ khoa học công nghệ trong nước có trình độ cao và kinh nghiệm ở các chuyên ngành và tổ chức khác nhau.

- Đáp ứng được những yêu cầu cơ bản về phương tiện, thiết bị và nguồn kinh phí cho toàn bộ quá trình nghiên cứu phát triển từ *nghiên cứu định hướng trong phòng thí nghiệm* → *bán công nghiệp* → *sản xuất công nghiệp*.

Việc hợp tác với Nhật Bản để thành lập “*Trung tâm nghiên cứu và chuyển giao công nghệ đất hiếm*” mới đây của Viện Năng lượng Nguyên tử Quốc gia là cần thiết. Tuy vậy cần phải rút kinh nghiệm về hiệu quả hoạt động khoa học công nghệ về đất hiếm không cao của các tổ chức có chức năng và nhiệm vụ tương tự của nhiều đơn vị trong thời gian vừa qua.

Vì là ngành sử dụng nhiều thành tựu khoa học cao và mới, nên để có thể phát triển nhanh công nghiệp đất hiếm Việt Nam:

- Cần lựa chọn và bổ nhiệm những cán bộ được đào tạo, có đủ trình độ và năng lực chuyên môn vào các vị trí lãnh đạo quan trọng kể cả các doanh nghiệp sản xuất.

- Có các chính sách, biện pháp ưu tiên để hỗ trợ việc áp dụng tiến bộ khoa học công nghệ.

Để không bỏ lỡ thời cơ phát triển nhanh và bền vững ngành đất hiếm Việt Nam cần sớm xây dựng và thực hiện “*Chương trình khoa học công nghệ trọng điểm có mục tiêu của ngành đất hiếm Việt Nam*”. Trong chương trình cần lựa chọn những đề tài và đề án theo thứ tự ưu tiên với mục tiêu, nhiệm vụ và tiến độ cụ thể. Chủ trì đề tài và đề án phải được giao cho các chuyên gia và cơ quan có đủ trình độ, năng lực, thiết bị và phương tiện nghiên cứu... Trong từng đề tài và đề án cần phải bảo đảm quy trình nghiên cứu phát triển trong nền kinh tế thị trường từ:

Khoa học → công nghệ → sản xuất → thị trường.

7. Kết luận

Đất hiếm là nguyên liệu chiến lược cho các ngành công nghệ cao, nhưng giá trị gia tăng cao và hiệu quả kinh tế của chúng mang lại chủ yếu nằm ở công đoạn tinh chế, chế tạo và sử dụng sản phẩm đất hiếm trong các ngành kinh tế quốc dân.

Việt Nam là quốc gia có nguồn tài nguyên đất hiếm lớn, không những có khả năng đáp ứng nhu cầu trong nước, mà còn có thể xuất khẩu trong thời gian dài. Nhưng sau 40 năm ngành công nghiệp đất hiếm Việt Nam vẫn chưa định hình rõ rệt; đã bỏ lỡ thời cơ để phát triển nhanh dẫn tới hiện trạng chế biến và sử dụng đất hiếm ở Việt Nam còn rất yếu kém. Những bài học trong quá khứ cần được nghiên cứu đánh giá nghiêm túc để thời sự hóa chiến lược, chính sách và quy hoạch phát triển bền vững tài nguyên đất hiếm và bảo vệ môi trường của Việt Nam.

Tình hình thị trường đất hiếm thế giới hiện nay có nhiều biến động thuận lợi nhưng cũng là thách thức cho chúng ta phát triển tài nguyên đất hiếm Việt Nam. Để phát triển bền vững công nghiệp chế biến, sử dụng khoáng sản đất hiếm và bảo vệ môi trường ở Việt Nam cần phải có chiến lược và quy hoạch phát triển hợp lý với các dự án trọng điểm; lựa chọn và áp dụng công nghệ tiên tiến, thân thiện với môi trường để thăm dò, khai thác, chế biến hợp lý, sử dụng tổng hợp, tiết kiệm và hiệu quả nguồn tài nguyên đất hiếm. Đồng thời phải đẩy mạnh công tác nghiên cứu triển khai sử dụng đất hiếm cho các ngành công nghiệp, nông nghiệp trong nước và đào tạo, bố trí được đội ngũ cán bộ quản lý và điều hành đủ trình độ và năng lực để không bỏ lỡ một lần nữa cơ hội phát triển công nghiệp đất hiếm Việt Nam./.

Tài liệu tham khảo

- 1/. Trịnh Đình Huân, Nguyễn Trường Giang và nnk. *Tình hình tài nguyên khoáng sản đất hiếm trên thế giới, Việt Nam và dự kiến quy hoạch điều tra, thăm dò đất hiếm*. Hội thảo Khoa học tư vấn phát triển công nghiệp đất hiếm Việt Nam, 10-2013.
- 2/. U.S. Geological Survey, 2014, ISBN 978-1-4113-3765-7. *Mineral commodity summaries 2014*: U.S. Geological Survey, p. 128 – 130.
- 3/. Nguyễn Văn Hạnh, Nguyễn Đức Quý. *Đổi mới định hướng phát triển bền vững công nghiệp đất hiếm Việt Nam*. Tuyển tập Báo cáo “Hội nghị KH-CN tuyển khoáng toàn quốc lần thứ III”. Hà Nội, 11-2014.
- 4/. Nguyễn Văn Hạnh, Nguyễn Đức Quý. *Tình hình khai thác, chế biến và sử dụng đất hiếm ở Việt Nam, thực trạng và giải pháp*. Hội thảo Khoa học tư vấn phát triển công nghiệp đất hiếm Việt Nam, 10-2013.
- 5/. Nguyễn Đức Quý, Nguyễn Văn Hạnh. *Về phát triển đất hiếm Việt Nam*. Hội thảo Khoa học tư vấn phát triển công nghiệp đất hiếm Việt Nam, 10-2013.
- 6/. Nguyễn Nam. *Đất hiếm giúp tăng trọng an toàn trong chăn nuôi*. Chăn nuôi Việt Nam 07-2018.
- 7/. Nguyễn Thanh Thủy. *Hợp tác, trao đổi nghiên cứu về đất hiếm giữa Viện Công nghệ Xạ Hiếm và Trung tâm Khoa học và Kỹ thuật Hạt nhân, Nhật Bản*. Trung tâm Công nghệ nhiên liệu Hạt nhân – ITRRE. <http://vinatom.gov.vn>
- 8/. *nbtra - Canhostnews*, [Đánh giá hàm lượng các nguyên tố đất hiếm trong đất đỏ bazan trồng cam vùng Phú Quỳ - Nghệ An](#). *Tạp chí NN & PTNT*.
- 9/. Bộ Công thương - Số: 25/2008/QĐ-BCT. *Phê duyệt Quy hoạch phân vùng thăm dò, khai thác, chế biến và sử dụng quặng đá quý, đất hiếm và urani giai đoạn đến 2015, có xét đến năm 2025*.
- 10/. Nguyễn Thành Anh. *Thu hồi đất hiếm từ bã thải tuyển quặng đồng Sin Quyền ứng dụng làm phân bón cho cây chè và một số loại rau tại Đà Lạt, Lâm Đồng*. Luận án tiến sĩ Viện Hóa học, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam (2014).
- 11/. Phùng Anh Tiến 2010. *Khai thác và sử dụng đất hiếm hiện nay trên thế giới*. Tổng luận tháng 11- 2010 Cục thông tin KH-CN Quốc gia.
- 12/. *Ngành phân bón vô cơ Việt Nam*. <https://dautucophieu.net> 23/11/2018.
- 13/. *Ứng dụng phân bón đất hiếm cho cây điều*. <http://phanbondoanhong.com.vn/nha-nong/tu.../ung-dung-phan-bon-dat-hiem-cho-cay-dieu>.
- 14/. *Phân bón vi lượng đất hiếm*. <https://nongnghiep.vn> › *Khuyến nông* › *Trồng trot* 22/12/2008.
- 15/. [Georgia Williams](#) . *Rare Earths Outlook 2019: EV Production to Drive Demand. The year ahead*. December 18th, 2018

- 16/. [Charlotte McLeod](#). *10 Top Countries for Rare Earth Metal Production*. May 23rd, 2019
- 17/. *China Rare Earth Industry Report, 2012 (Chinese Version)*. <http://www.researchandmarkets.com>.
- 18/. *China Market Research Reports*. (6-2013). <http://www.badassets.com>.
- 19/. U.S. Geological Survey, 2019, *Mineral commodity summaries 2019. US*.
- 20/. Viviana Fernandez. (10- 2017). [Rare-earth elements market: A historical and financial perspective](#). [Universidad Adolfo Ibáñez](#) 2017.
- 21/. *New Price Increases Initiated by rare earth Supply Limitations* (2013). Lynas Corporation LTD. <http://www.lynascorp.com>
- 22/. *Rare Earths: Estimated World Mine Production*. (2013). http://www.indexmundi.com/en/comomdities/mineral/rare_earth 6/2013
- 23/. *Rare earth market summary (5-8/2013)*. Asian Metal.
- 24/. David Merriman Roskill Consulting Group Ltd. 20th March 2013. *A Review of the Global Supply of Rare Earths* <http://www.roskill.com>
- 25/. *REE Worlds Technology Metals Summit 2012*, Toronto, Canada. www.alkane.com.au.
- 26/. Larry Meinert Mineral Resources Program, USGS. September 12-13th, 2012, 13th, 2012, US-EU Workshop on: "*Informed policy-making through improved mineral raw materials data*".
- 27/. Yasuhiro Kato Frontier Research Center for Energy and Resources Graduate School of Engineering, The University of Tokyo. *Deep-sea mud in the Pacific Ocean as a new mineral resource for rare-earth elements*.
- 28/. Marc Humphries Specialist in Energy Policy. December 16, 2013. *Rare Earth Elements: The Global Supply Chain*. Congressional Research Service 7-5700 www.crs.gov R41347.
- 29/. Cheryl Seeger, PhD, RG Geologist (2013), Geology and Land Survey Division Missouri Department of Natural Resources. *Rare Earth Minerals In the World and in Missouri*. Missouri Geological Survey April 25, 2013.
- 30/. *IMC Signs Letters of Intent with Rare-Earth Exploration & Development Companies to Fulfill Phase 1 Toll-Separation Capacity*. 06/17/2013. <http://www.innovationmetals.com>.