CHIẾN LƯỢC PHÁT TRIỂN HYDROGEN VÀ AMONIAC XANH CỦA TẬP ĐOÀN CÔNG NGHIỆP THAN - KHOÁNG SẢN VIỆT NAM: CƠ SỞ THỰC TIỄN, LỘ TRÌNH VÀ GIẢI PHÁP

NGUYỄN THỊ THU HUYỀN[1*] - PHẠM ĐÔNG HẢI[1] - PHẠM THANH HUYỀN[1] - PHAN THỊ THU THỦY[2] - NGUYỄN HOÀNG HUÂN[2] - TRẦN VĂN DŨNG[3]

* Tác giả liên hệ - Email: huyenntt.ievn@gmail.com

Ngày nhận bài: 25/8/2026
Ngày sửa bài: 10/9/2026
Ngày duyệt đăng bài: 24/9/2026

Tóm tắt:

Bài báo phân tích cơ sở khoa học, thực tiễn và lộ trình phát triển hydrogen, amoniac xanh của Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam (TKV) đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045 dựa trên kết hợp phương pháp tiếp cận từ trên xuống và từ dưới lên. Kết quả nghiên cứu chỉ ra TKV có lợi thế đặc thù nhờ khả năng tích hợp nguồn năng lượng tái tạo tại bãi thải, mặt bằng sau khai thác với phụ tải công nghiệp hiện hữu. Hydrogen và amoniac xanh được định hướng là cấu phần tích hợp trong hệ sinh thái "Than - Điện - Khoáng sản/Luyện kim - Hóa chất/Vật liệu nổ công nghiệp - Logistics", trong đó hydrogen xanh là hướng ưu tiên dài hạn, còn hydrogen lam là nguồn bổ sung có điều kiện. Nghiên cứu xác định mục tiêu định lượng, lộ trình ba giai đoạn đến năm 2045, các phân khúc ứng dụng ưu tiên và hệ giải pháp toàn diện về Hydrogen Hub, nguồn vốn, công nghệ, thị trường và nhân lực, cung cấp cơ sở khoa học phục vụ quá trình chuyển đổi xanh của Tập đoàn.

Từ khóa: *hydrogen xanh, amoniac xanh, TKV, chuyển dịch năng lượng, kinh tế tuần hoàn*

Green hydrogen and green ammonia development strategy of Vietnam National Coal and Mineral Industries Holding Group: Practical basis, roadmap, and implementation solutions

Abstract:

The energy transition and Vietnam's commitment to achieving net-zero emissions by 2050 require Vietnam National Coal and Mineral Industries Holding Group (TKV) to transform its development model. This study examines the scientific and practical foundations and the roadmap for developing green hydrogen and green ammonia at TKV through 2030, with a vision to 2045, using a combination of top-down and bottom-up approaches. The findings indicate that TKV possesses distinctive advantages arising from its ability to integrate renewable energy resources on waste dumps and post-mining land with existing industrial loads. Green hydrogen and green ammonia are positioned as integrated components of the "Coal - Power - Minerals/Metallurgy - Chemicals/Industrial Explosives - Logistics" ecosystem, with green hydrogen identified as the long-term priority and blue hydrogen as a conditional supplementary option. The study establishes quantitative targets, a three-phase roadmap through 2045, priority application segments, and a comprehensive set of solutions concerning Hydrogen Hubs, financing, technology, markets, and human resources, thereby providing a scientific foundation for TKV's green transition.

Keywords: *green hydrogen, green ammonia, TKV, energy transition, circular economy*

1. Đặt vấn đề

Chuyển dịch năng lượng và giảm phát thải khí nhà kính là xu hướng toàn cầu. Đối với Việt Nam, cam kết đạt phát thải ròng bằng "0" vào năm 2050 đặt ra yêu cầu thúc đẩy chuyển đổi mô hình năng lượng hiệu quả và phát thải thấp, bảo đảm an ninh năng lượng quốc gia theo lộ trình phù hợp với đặc thù từng ngành. Về chính sách, Nghị quyết số 57-NQ/TW ngày 22/12/2024 của Bộ Chính trị nhấn mạnh vai trò của khoa học, công nghệ và đổi mới sáng tạo; Nghị quyết số 70-NQ/TW ngày 20/8/2025 xác định định hướng bảo đảm an ninh năng lượng quốc gia đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045 có đề cập đến hydrogen. Quyết định số 165/QĐ-TTg ngày 07/02/2024 của Thủ tướng Chính phủ phê duyệt Chiến lược phát triển năng lượng hydrogen Việt Nam và Quyết định số 366/QĐ-BCT ngày 21/02/2024 của Bộ Công Thương đã cụ thể hóa kế hoạch thực hiện.

Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam (TKV) sở hữu chuỗi hoạt động tích hợp gồm khai thác than, sản xuất điện, chế biến khoáng sản, luyện kim, sản xuất hóa chất - vật liệu nổ công nghiệp và logistics. Chuỗi giá trị này vừa tạo ra nhu cầu năng lượng lớn, vừa phát sinh phát thải carbon thâm hụt cao ở những phân khúc khó điện hóa trực tiếp. Nhằm chủ động chuyển dịch, TKV nghiên cứu xây dựng "Chiến lược phát triển Hydrogen và Amoniac xanh đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045" với mục tiêu: phát triển TKV theo hướng kinh tế xanh, kinh tế tuần hoàn, tăng cường ứng dụng hydrogen/amoniac xanh và công nghệ CCS/CCUS để giảm phát thải, hướng tới trung hòa carbon vào năm 2050.

Khác với cách tiếp cận đơn thuần về quy mô sản xuất, Chiến lược của TKV tích hợp chuỗi sản xuất - tiêu thụ - lưu trữ - vận chuyển, lấy nhu cầu sử dụng nội bộ và hiệu quả giảm phát thải làm trọng tâm. Bài viết trình bày cơ sở khoa học, tiềm năng, quan điểm, lộ trình và hệ giải pháp thực thi chủ yếu của Chiến lược, làm rõ khả năng hình thành hệ sinh thái hydrogen/amoniac xanh gắn với đặc thù ngành than - khoáng sản.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.1. Cơ sở lý thuyết

Nghiên cứu dựa trên lý thuyết chuyển dịch năng lượng bền vững, kinh tế tuần hoàn và quản trị hệ sinh thái công nghiệp tích hợp. Việc phát triển hydrogen/amoniac xanh đóng vai trò kép: vừa là nguồn nhiên liệu/năng lượng thay thế nhiên liệu hóa thạch trong các phân khúc khó khử carbon, vừa là nguyên liệu đầu vào cho ngành Hóa chất và Vật liệu nổ.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Chiến lược được xây dựng dựa trên sự kết hợp hài hòa giữa 2 phương pháp tiếp cận:

- Tiếp cận từ trên xuống (top-down): Bảo đảm tính đồng bộ giữa định hướng phát triển hydrogen/amoniac xanh của TKV với các chiến lược, quy hoạch năng lượng, điện lực và cam kết giảm phát thải quốc gia.

- Tiếp cận từ dưới lên (bottom-up): Khảo sát, đánh giá hiện trạng phụ tải, cơ sở hạ tầng, quỹ đất bãi thải, mặt bằng sau khai thác và điều kiện kỹ thuật tại các đơn vị thành viên của TKV.

Hệ thống phương pháp cụ thể bao gồm: (i) Rà soát chính sách và pháp luật; (ii) Điều tra, khảo sát thu thập số liệu thực tế; (iii) Phân tích chuỗi giá trị hydrogen/amoniac; (iv) Phân tích nhu cầu tiêu thụ và kinh tế - kỹ thuật (CAPEX, OPEX, LCOH/LCOA); (v) Phân tích phát thải và vết carbon vòng đời (LCA); (vi) Phân tích SWOT, quản trị rủi ro và tham chiếu kinh nghiệm quốc tế về Hydrogen Hub, đồng đốt amoniac, công nghệ DRI và pin nhiên liệu.

2.3. Xây dựng các kịch bản phát triển

Nghiên cứu xây dựng kịch bản phát triển theo 3 giai đoạn: 2026-2030 (chuẩn bị), 2031-- 2040 (thí điểm mở rộng và hình thành Hydrogen Hub), và 2041-2045 (mở rộng quy mô và tích hợp hệ sinh thái). Đối

với hydrogen xanh, nghiên cứu sàng lọc tiềm năng điện mặt trời trên đất bãi thải và vùng sau khai thác để hình thành 05 cụm phát triển: Uông Bí - Đông Triều, Hạ Long - Cẩm Phả hầm lò, Cẩm Phả lộ thiên, Tân Rai và Nhân Cơ. Khí hóa than kết hợp CCS/CCUS (hydrogen lam) được xem xét là phương án bổ sung có điều kiện.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Kết quả nghiên cứu

Kết quả nghiên cứu, phân tích và tính toán trong dự thảo Chiến lược phát triển Hydrogen và Amoniac xanh của TKV đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045 bao gồm các nội dung quan trọng được đúc kết lại thành quan điểm, mục tiêu phát triển, định hướng và giải pháp triển khai thực hiện, làm cơ sở để xây dựng kế hoạch thực hiện thực tế của TKV.

3.1.1. Quan điểm phát triển hydrogen và amoniac của TKV

Thứ nhất, hydrogen và amoniac là công cụ hỗ trợ chuyển dịch năng lượng và giảm phát thải

Hydrogen và amoniac xanh không được xem là mục tiêu phát triển độc lập mà là một trong các công cụ hỗ trợ TKV giảm sử dụng nhiên liệu hóa thạch, thay thế một phần nhiên liệu và nguyên liệu carbon trong những phân khúc thâm hụt cao. Hiệu quả của Chiến lược vì vậy cần được đánh giá không chỉ thông qua sản lượng hydrogen/amoniac xanh sản xuất mà còn thông qua lượng phát thải giảm được, mức độ thay thế nhiên liệu hóa thạch, mức độ thay thế hydrogen/ amoniac xanh trong các quá trình công nghiệp đang sử dụng hydrogen xám hiện hữu, hiệu quả sử dụng tài nguyên và hiệu quả kinh tế của toàn chuỗi.

Thứ hai, phát triển hydrogen/amoniac xanh gắn với chuỗi giá trị hiện hữu

Hydrogen/amoniac xanh cần được tích hợp với các ngành sản xuất hiện hữu của TKV, gồm: Than, Điện, Khoáng sản/Luyện kim, Hóa chất/VLNCN và Logistics. Cách tiếp cận này cho phép tận dụng phụ tải hiện hữu, giảm nhu cầu xây dựng thị trường mới hoàn toàn và rút ngắn khoảng cách giữa sản xuất và tiêu thụ.

Thứ ba, phát triển theo nguyên tắc thận trọng, từng bước và gắn với thị trường

Trong giai đoạn đến năm 2030, ưu tiên các dự án quy mô phù hợp, có phụ tải tiêu thụ rõ ràng và có khả năng kiểm chứng công nghệ. Việc đầu tư mở rộng chỉ được xem xét sau khi có kết quả thực tế về CAPEX, OPEX, LCOH/LCOA, hiệu suất, an toàn, giảm phát thải và khả năng tiêu thụ.

Thứ tư, hydrogen xanh là hướng ưu tiên dài hạn; hydrogen lam là phương án bổ sung có điều kiện

Hydrogen xanh từ điện tái tạo được xác định là hướng phát triển dài hạn của TKV. Hydrogen lam từ khí hóa than kết hợp CCS/CCUS chỉ được xem xét khi đồng thời đáp ứng các điều kiện về hiệu suất công nghệ, tỷ lệ thu giữ CO_2, giải pháp vận chuyển và lưu trữ/sử dụng CO_2, chi phí và yêu cầu phát thải.

Thứ năm, phát triển hydrogen/amoniac xanh gắn với kinh tế tuần hoàn và chuyển dịch công bằng

Các nguồn lực hiện hữu như bãi thải mỏ, mặt bằng sau khai thác, hạ tầng điện và logistics được xem xét để phát triển các dự án năng lượng tái tạo và hydrogen. Đồng thời, quá trình chuyển đổi cần gắn với đào tạo lại và chuyển đổi kỹ năng cho người lao động trong các lĩnh vực than, cơ khí, điện và hóa chất.

3.1.2. Mục tiêu phát triển và nhu cầu hydrogen/amoniac

Qua nghiên cứu và phân tích, Chiến lược đã xác định được năm nhóm mục tiêu chính:

(1) Hình thành năng lực sản xuất hydrogen xanh từ nguồn điện tái tạo trên bãi thải, khu vực sau khai thác và đất công nghiệp của TKV, từng bước kết hợp điện gió và hệ thống lưu trữ năng lượng;

(2) Hình thành thị trường hydrogen/amoniac xanh nội bộ, ưu tiên các lĩnh vực hóa chất, nhiệt điện, luyện kim, khai thác - vận tải mỏ và các thiết bị sử dụng nhiên liệu hydrogen/amoniac;

(3) Phát triển amoniac xanh vừa là sản phẩm hóa chất vừa là chất mang hydrogen, theo chuỗi: Điện tái tạo → H_2 xanh → NH_3 xanh → lưu trữ/vận chuyển → sử dụng.

(4) Từng bước nghiên cứu, thử nghiệm và làm chủ các công nghệ chủ chốt, trước hết là công nghệ điện phân, tổng hợp amoniac, lưu trữ, vận chuyển và sử dụng hydrogen/amoniac;

(5) Tối ưu hóa hiệu quả giảm phát thải của toàn hệ sinh thái TKV, trong đó sản lượng hydrogen/amoniac xanh chỉ là một chỉ tiêu đầu ra; hiệu quả giảm phát thải và hiệu quả kinh tế - môi trường mới là các tiêu chí quyết định đối với việc mở rộng quy mô.

Theo các kịch bản nghiên cứu, nhu cầu hydrogen quy đổi của TKV có thể đạt khoảng 175-360 nghìn tấn H_2 quy đổi/năm trong giai đoạn 2031-2040 và 386-682 nghìn tấn H_2 quy đổi/năm trong giai đoạn 2041-2045, phụ thuộc nhiều vào giả thiết đầu vào.

Bảng 1. Dự báo nhu cầu tiêu thụ hydrogen quy đổi trong TKV

(đơn vị: nghìn tấn H_2/năm)

Phân khúc phụ tải	2031-2040		2041-2045	
	Kịch bản cơ sở	Kịch bản cao	Kịch bản cơ sở	Kịch bản cao
Vận tải mỏ và khai thác than	6	15	20	29
Công nghiệp hóa chất và phân bón	28	83	28	156
Sản xuất điện và nhiệt - đồng đốt	103	206	206	310
Khoáng sản, kim loại màu và luyện kim	37	56	131	187
Tổng cộng	175	360	386	682

(Nguồn: Dự thảo Chiến lược phát triển Hydrogen và Amoniac xanh của TKV đến năm 2030, tầm nhìn 2045, 2026)

Kết quả cho thấy, sản xuất điện và nhiệt có tiềm năng trở thành phân khúc tiêu thụ hydrogen quy đổi lớn nhất, đặc biệt trong kịch bản mở rộng đồng đốt ammonia. Trong khi đó, hóa chất và luyện kim có ý nghĩa đặc biệt về khả năng hình thành thị trường sớm do đã tồn tại nhu cầu nguyên liệu và cơ sở hạ tầng công nghiệp.

Cần phân biệt giữa tổng nhu cầu hydrogen quy đổi theo các kịch bản trên với nhu cầu hydrogen nội bộ khoảng 233.630 tấn/năm được xác định trong một hệ quy chiếu phụ tải dài hạn khác của nghiên cứu. Hai chỉ tiêu này có sự khác biệt về phạm vi phụ tải và mức độ chuyển đổi nhiên liệu. Đây là vấn đề cần được phân định rõ trong Chiến lược để xác định quy mô thị trường hydrogen nội bộ của TKV.

3.1.3. Tiềm năng sản xuất và mô hình phát triển Hydrogen Hub

Trên cơ sở khảo sát thực tế, nghiên cứu bước đầu xác định 5 cụm địa lý có khả năng hình thành các trung tâm sản xuất và tiêu thụ hydrogen/amoniac.

Cụm 1, 2 và 3 gồm Uông Bí - Đông Triều, Hạ Long - Cẩm Phả hầm lò và Cẩm Phả lộ thiên

Đây là các khu vực có sự kết hợp giữa hoạt động khai thác than, cơ sở công nghiệp, hạ tầng điện, hạ tầng công nghiệp, phụ tải liên quan đến khai thác - vận tải và quỹ đất sau khai thác. Cụm này có thể được nghiên cứu phát triển nguồn điện mặt trời để cung cấp cho quá trình điện phân hydrogen để cung cấp cho phụ tải công nghiệp tại chỗ. Bên cạnh đó, hydrogen/amoniac xanh và pin nhiên liệu từ hydrogen được sản xuất ra có thể được nghiên cứu áp dụng cho phương tiện vận tải hạng nặng, thiết bị mỏ và một số phụ tải công nghiệp lân cận.

Cụm 4 Tân Rai và Cụm 5 Nhân Cơ

Là 2 cụm có lợi thế về chuỗi khai thác - chế biến bauxite/alumin, tạo điều kiện nghiên cứu sử dụng

hydrogen trong một số công đoạn nhiệt và phát triển nguồn điện tái tạo tại các khu vực phù hợp. Có thể phát triển hydrogen xanh theo mô hình tích hợp nguồn điện tái tạo với phụ tải công nghiệp alumin và các cơ sở sản xuất liên quan.

Từ năm cụm trên, mô hình phát triển được đề xuất theo cấu trúc:

Hub Năng lượng tái tạo → H_2 Hub → NH_3 Hub → Các hộ tiêu thụ công nghiệp.

Mô hình này cho phép giảm khoảng cách vận chuyển hydrogen, tăng khả năng sử dụng trực tiếp tại chỗ và từng bước phát triển ammonia như chất mang hydrogen khi quy mô sản xuất tăng hơn.

Đối với công nghệ điện phân PEM và alkaline có thể được xem xét như hai nhóm công nghệ chủ đạo. Việc lựa chọn công nghệ cụ thể sẽ dựa trên quy mô dự án, đặc tính nguồn điện, yêu cầu vận hành, chi phí đầu tư, hiệu suất, khả năng đáp ứng phụ tải biến thiên và khả năng cung ứng thiết bị.

3.1.4. Lộ trình phát triển đến năm 2045

Giai đoạn 2026-2030: Chuẩn bị

Mục tiêu của giai đoạn này là hình thành nền tảng công nghệ, thể chế, nhân lực và thị trường. Các nhiệm vụ trọng tâm gồm: (i) Khảo sát, xác định các khu vực có tiềm năng điện mặt trời tại bãi thải và khu vực sau khai thác; (ii) Nghiên cứu phát triển các cụm PV quy mô phù hợp kết hợp hệ thống điện phân; (iii) Đánh giá khả năng sử dụng nguồn điện tái tạo tự dùng và DPPA; (iv) Nghiên cứu BESS để tăng khả năng vận hành ổn định của hệ thống điện phân; (v) Xác định các phụ tải nội bộ có khả năng sử dụng hydrogen/amoniac; (vi) Xây dựng tiêu chuẩn kỹ thuật, quy trình an toàn và yêu cầu quản lý môi trường; (vii) Chuẩn bị các dự án trình diễn.

Kết quả quan trọng ở giai đoạn này là xác định được các dự án có thể triển khai thí điểm, nguồn vốn, cơ sở pháp lý và các điều kiện cần thiết khác để triển khai thí điểm ở giai đoạn tiếp theo.

Giai đoạn 2031-2040 - Thí điểm mở rộng và hình thành Hydrogen Hub

Giai đoạn này sẽ tập trung nghiên cứu lựa chọn các dự án triển khai thí điểm bao gồm ít nhất: 1-2 dự án H_2 xanh; 1 dự án H_2 → NH_3 xanh; 1 dự án đốt kèm NH_3; 1 dự án sử dụng H_2/NH_3 trong vận tải mỏ; và nghiên cứu pilot khí hóa than + CCS/CCUS.

Đây là giai đoạn chuyển từ nghiên cứu sang triển khai thí điểm, và bắt đầu phát triển các dự án có tính thương mại. Mô hình phát triển chủ đạo được đề xuất là: Điện mặt trời/Điện gió → H_2 → NH_3 → các trung tâm tiêu thụ công nghiệp.

Các Hydrogen Hub được hình thành tại những khu vực đáp ứng đồng thời các điều kiện về:

- Nguồn năng lượng tái tạo;
- Phụ tải công nghiệp;
- Cơ sở hóa chất, nhiệt điện hoặc luyện kim;
- Hạ tầng giao thông và logistics;
- Điều kiện phù hợp để xây dựng hệ thống lưu trữ và phân phối.

Kết quả quan trọng nhất của giai đoạn này là hình thành cơ sở dữ liệu thực tế về CAPEX, OPEX, LCOH/LCOA, hiệu suất, tiêu thụ nước, an toàn, phát thải và hiệu quả vận hành để kiểm chứng. Bước đầu mở rộng ứng dụng H_2/NH_3 trong các ngành cô nghiệp của TKV: hóa chất; đồng đốt nhiệt điện; phương tiện và thiết bị mỏ; vận tải logistics; các công đoạn phù hợp trong luyện kim.

Giai đoạn 2041-2045 - Phát triển quy mô lớn và tích hợp hệ sinh thái

Đến giai đoạn này, hydrogen/amoniac được định hướng trở thành một cấu phần của hệ thống năng lượng và sản xuất công nghiệp của TKV. Mô hình sản xuất hydrogen xanh chủ đạo được xác định là: Điện mặt trời + Điện gió + BESS → Điện phân → H_2.

NH_3 xanh có thể trở thành chất mang và nhiên liệu công nghiệp quan trọng cho: lưu trữ năng lượng; vận chuyển năng lượng; sản xuất điện và nhiệt; công nghiệp hóa chất; một số phương tiện và thiết bị công nghiệp.

Hydrogen lam từ khí hóa than kết hợp CCS/CCUS chỉ được mở rộng nếu đáp ứng đồng thời các điều kiện: (i) hiệu suất khí hóa phù hợp; (ii) tỷ lệ thu giữ CO_2 cao; (iii) có giải pháp vận chuyển và lưu trữ/sử dụng CO_2; (iv) chi phí cạnh tranh; (v) đáp ứng các yêu cầu về phát thải và môi trường. Như vậy, hydrogen lam được xem là nguồn bổ sung có điều kiện, không làm thay đổi định hướng ưu tiên dài hạn đối với hydrogen xanh.

3.1.5. Định hướng phát triển các ứng dụng theo các lĩnh vực công nghiệp

Lĩnh vực Hóa chất và Vật liệu nổ công nghiệp (VLNCN)

Đây là một trong những lĩnh vực có khả năng hình thành nhu cầu hydrogen tương đối rõ ràng và sớm nhất trong TKV. Đây là lĩnh vực tiêu thụ nền tảng và mang tính đột phá sớm nhất của TKV. TKV nghiên cứu ứng dụng hydrogen xanh/lam để thay thế từng phần hydrogen xám trong quy trình sản xuất amoniac, axit nitric và amoni nitrat (tiền chất thuốc nổ). Amoniac xanh không chỉ đóng vai trò là nguyên liệu hóa chất mà còn là chất mang hydrogen (hydrogen carrier) phục vụ tồn trữ và vận chuyển. Khi đủ tiềm lực, NH3 xanh hoặc lam của TKV có thể tham gia chuỗi sản xuất phân đạm và cung ứng cho thị trường Việt Nam.

Hydrogen xanh có thể được nghiên cứu để từng bước thay thế hydrogen có nguồn gốc hóa thạch trong chuỗi sản xuất ammonia và các sản phẩm hóa chất liên quan. Theo đó, chuỗi Điện tái tạo → H_2 xanh → NH_3 xanh → hóa chất/VLNCN có thể trở thành một trong những chuỗi giá trị ưu tiên. Khi đó, NH_3 xanh đồng thời có thể đóng vai trò là chất mang hydrogen, giúp giải quyết một phần thách thức về lưu trữ và vận chuyển hydrogen trong trường hợp khoảng cách giữa nơi sản xuất và nơi tiêu thụ tăng lên.

Lĩnh vực Sản xuất Điện nhiệt

TKV có thể nghiên cứu lộ trình đồng đốt NH_3 tại các nhà máy nhiệt điện than phù hợp. Theo các giả thiết nghiên cứu:

- Giai đoạn 2031-2040: thử nghiệm đồng đốt NH_3 ở mức khoảng 10-15%;
- Sau năm 2040: nghiên cứu nâng tỷ lệ lên khoảng 20-30% khi công nghệ được thương mại hóa và điều kiện kinh tế - kỹ thuật cho phép.

Chi phí cải tạo hệ thống và phát triển nguồn nhiên liệu phối trộn cần được đánh giá riêng cho từng nhà máy trên cơ sở đặc tính lò hơi, hệ thống cấp nhiên liệu, kiểm soát phát thải, hiệu suất và yêu cầu an toàn. Ước tính sơ bộ trong nghiên cứu cho thấy tổng nhu cầu đầu tư có thể lên đến khoảng 420-570 triệu USD. Giá trị này cần tiếp tục được tính toán và cập nhật ở bước nghiên cứu khả thi.

Lĩnh vực Khai thác và Vận tải mỏ

Đối với vận tải mỏ, hydrogen và ammonia xanh có thể được nghiên cứu như một trong các phương án thay thế diesel đối với các phương tiện có tải trọng lớn và chu kỳ vận hành liên tục.

Lộ trình đề xuất:

- Đến năm 2030: nghiên cứu chuyển đổi một phần đội xe tải mỏ, xe xúc lật và đầu kéo sang pin nhiên liệu hydrogen/ammonia hoặc các công nghệ sử dụng trực tiếp hydrogen/ammonia xanh phù hợp;
- 2031-2040: thí điểm 1-2 trạm nạp hydrogen tại các mỏ than lộ thiên phù hợp;
- Sau năm 2040: mở rộng quy mô khi công nghệ, hạ tầng cung cấp nhiên liệu và hiệu quả kinh tế được chứng minh.

Việc lựa chọn giữa pin nhiên liệu hydrogen, động cơ đốt trong sử dụng hydrogen/ammonia và phương án điện khí hóa trực tiếp cần được đánh giá trên cơ sở chu kỳ vận hành, tải trọng, địa hình, khoảng cách vận chuyển, thời gian nạp và tổng chi phí vòng đời.

Lĩnh vực Khoáng sản và Luyện kim

Trong lĩnh vực khoáng sản và luyện kim, hydrogen trước mắt có thể được nghiên cứu thay thế một phần nhiên liệu hóa thạch trong các công đoạn nhiệt phù hợp. Giai đoạn 2031-2040 triển khai thí điểm, trọng tâm có thể là các thiết bị phụ trợ như lò sấy, lò hơi và một số thiết bị nhiệt.

Sau năm 2040, khi điều kiện công nghệ và kinh tế cho phép, nghiên cứu có thể mở rộng sang các công nghệ luyện kim sử dụng hydrogen làm tác nhân hoàn nguyên, trong đó có công nghệ hoàn nguyên sắt trực tiếp (DRI) bằng hydrogen đối với các chuỗi sản xuất phù hợp.

3.1.6. Hệ các giải pháp thực thi

Phát triển mô hình Hydrogen Hub

TKV cần xây dựng mô hình quản lý và phát triển Hydrogen Hub theo nguyên tắc tích hợp: Nguồn năng lượng tái tạo → sản xuất H_2 → chuyển hóa NH_3 → lưu trữ/vận chuyển → phụ tải công nghiệp. Các Hub cần được lựa chọn dựa trên bốn nhóm tiêu chí: nguồn năng lượng tái tạo; phụ tải hydrogen/ammonia; hạ tầng kỹ thuật; điều kiện kinh tế - môi trường và khả năng mở rộng.

Cách tiếp cận này giúp hạn chế tình trạng sản xuất hydrogen nhưng thiếu thị trường tiêu thụ và giảm chi phí vận chuyển.

Giải pháp về nguồn vốn

Do chuỗi giá trị hydrogen/amoniac xanh có nhu cầu vốn lớn và mức độ bất định về công nghệ và thị trường còn cao, chiến lược tài chính cần được triển khai theo từng giai đoạn.

Giai đoạn đến năm 2030: ưu tiên vốn chủ sở hữu, vốn khoa học - công nghệ và các nguồn hỗ trợ bên ngoài cho khảo sát, R&D, chuẩn hóa, đào tạo và dự án trình diễn.

Sau năm 2030: nghiên cứu huy động vốn hỗn hợp (blended finance), tín dụng xanh, trái phiếu xanh, hợp tác đầu tư và các nguồn tài chính khí hậu quốc tế phù hợp.

Nguyên tắc quan trọng là quyết định đầu tư phải dựa trên khả năng hình thành thị trường, hiệu quả kinh tế, hiệu quả giảm phát thải và khả năng kiểm soát rủi ro, tránh mở rộng quy mô chỉ dựa trên mục tiêu sản lượng.

Công nghệ và đổi mới sáng tạo

Các nhóm công nghệ được lựa chọn ưu tiên nghiên cứu gồm: (1) điện phân nước; (2) hệ thống BESS; (3) tổng hợp ammonia; (4) lưu trữ hydrogen và ammonia; (5) vận chuyển hydrogen/ammonia; (6) sử dụng hydrogen/ammonia trong nhiệt điện; (7) pin nhiên liệu và phương tiện mỏ; (8) DRI sử dụng hydrogen; (9) khí hóa than; (10) CCS/CCUS; (11) hệ thống quản lý và tối ưu hóa năng lượng.

Cùng với đầu tư thiết bị, TKV cần xây dựng năng lực đánh giá công nghệ độc lập, nhằm hạn chế rủi ro phụ thuộc vào một nhà cung cấp hoặc một cấu hình công nghệ duy nhất.

An toàn, môi trường và quản trị rủi ro

An toàn là điều kiện tiên quyết đối với mọi dự án hydrogen/ammonia do đặc tính dễ cháy của hydrogen, thể tích lớn, áp suất vận hành cao và tính độc của ammonia. Các dự án cần thiết lập hệ thống quản lý an toàn theo toàn bộ vòng đời, bao gồm: thiết kế và lựa chọn vật liệu; kiểm định thiết bị; phát hiện và kiểm soát rò rỉ; phòng chống cháy nổ; quản lý khoảng cách an toàn; quy trình vận hành và bảo trì; đào tạo và ứng phó sự cố. Đồng thời, cần xây dựng hệ thống MRV (Measurement, Reporting and Verification) đối với phát thải khí nhà kính và các chỉ tiêu môi trường.

Phương pháp LCA cần được từng bước áp dụng để xác định cường độ phát thải của hydrogen/ ammonia trong toàn bộ chuỗi giá trị. Đây là cơ sở quan trọng để đánh giá tính thực chất của sản phẩm "xanh", phục vụ yêu cầu thị trường và các cơ chế quản lý carbon.

Bên cạnh vết các bon, cần quản lý các chỉ tiêu khác như lượng tiêu thụ nước (water footprint), chất thải từ thiết bị điện phân, màng điện phân, pin lưu trữ và tấm quang điện hết vòng đời.

Phát triển thị trường và cơ chế tiêu thụ

Thị trường nội bộ cần được xem là bước đệm để giảm rủi ro thị trường trong giai đoạn đầu. Các hợp đồng tiêu thụ dài hạn giữa đơn vị sản xuất và đơn vị sử dụng hydrogen/ammonia trong TKV có thể được nghiên cứu nhằm tạo cơ sở cho quyết định đầu tư.

Sau khi hình thành thị trường nội bộ, TKV có thể mở rộng sang khách hàng công nghiệp trong nước; các trung tâm logistics; thị trường hóa chất; thị trường nhiên liệu sạch; thị trường khu vực và quốc tế khi đáp ứng các tiêu chuẩn liên quan.

Phát triển nguồn nhân lực

Để thực hiện được Chiến lược này, bên cạnh yếu tố kỹ thuật, tài chính, TKV cũng cần chú trọng đến nguồn nhân lực, đặc biệt Chiến lược cũng đã xem xét, đề xuất hình thành đội ngũ chuyên gia liên ngành về: thiết kế và vận hành hệ thống điện phân; sản xuất và sử dụng ammonia; an toàn hydrogen/ammonia; quản lý năng lượng; LCA và MRV; thị trường carbon; tài chính xanh; quản trị dự án hydrogen.

Đối với lực lượng lao động hiện hữu trong ngành than, cơ khí và điện, cần triển khai chương trình đào tạo lại và nâng cao kỹ năng (reskilling/upskilling) nhằm hỗ trợ chuyển dịch nghề nghiệp trong quá trình chuyển đổi năng lượng.

3.2. Thảo luận kết quả

Kết quả nghiên cứu cho thấy, lợi thế của TKV trong phát triển hydrogen/amoniac xanh không nằm đơn thuần ở điều kiện thuận lợi để phát triển nguồn điện tái tạo mà chủ yếu ở khả năng tích hợp nguồn cung với phụ tải công nghiệp hiện hữu.

Thứ nhất, TKV có một hệ thống phụ tải đa dạng, bao gồm hóa chất, nhiệt điện, khai thác - vận tải mỏ và luyện kim. Đây là điều kiện quan trọng để hình thành thị trường hydrogen nội bộ.

Thứ hai, quỹ đất bãi thải và mặt bằng sau khai thác có thể mở ra không gian cho phát triển điện mặt trời, qua đó tạo nguồn điện tái tạo tại các khu vực vốn khó sử dụng cho mục đích công nghiệp truyền thống.

Thứ ba, hệ thống logistics và cơ sở hạ tầng công nghiệp hiện hữu có thể giúp giảm một phần chi phí xây dựng hạ tầng mới.

Tuy nhiên, những lợi thế này không đồng nghĩa với việc tất cả các dự án hydrogen/ammonia xanh đều có hiệu quả kinh tế. Chi phí điện tái tạo, suất đầu tư thiết bị điện phân, hệ số sử dụng thiết bị, chi phí lưu trữ, giá hydrogen/ammonia xanh, chi phí cải tạo phụ tải và chi phí carbon đều có thể ảnh hưởng đáng kể đến tính cạnh tranh của sản phẩm.

Do đó, chiến lược được định hướng triển khai theo nguyên tắc "phụ tải đi trước, sản xuất theo sau", đặc biệt trong giai đoạn đầu. Những dự án có nhu cầu sử dụng hydrogen/ammonia xanh thực tế, khoảng cách vận chuyển ngắn và khả năng tích hợp hạ tầng hiện hữu cần được ưu tiên nghiên cứu sâu hơn. Đặc biệt lưu ý, cần phân biệt sự khác biệt giữa hydrogen xanh về mặt nguồn năng lượng và hydrogen có cường độ phát thải thấp trên toàn vòng đời trong quá trình ứng dụng. Việc đánh giá sản phẩm không nên chỉ dựa trên nguồn điện đầu vào mà cần tính đến toàn bộ chuỗi cung ứng, bao gồm thiết bị, nước, điện, vận chuyển, lưu trữ và xử lý cuối vòng đời.

Đối với hydrogen lam, khả năng đáp ứng yêu cầu giảm phát thải phụ thuộc trực tiếp vào hiệu suất khí hóa, tỷ lệ thu giữ CO_2, phát thải trong toàn chuỗi cung ứng và khả năng lưu trữ CO_2. Vì vậy, hydrogen lam cần được tiếp cận như một phương án công nghệ có điều kiện và phải được đánh giá bằng cùng một hệ tiêu chí carbon vòng đời với hydrogen xanh.

4. Kết luận

Nghiên cứu Chiến lược phát triển Hydrogen và Amoniac xanh của TKV đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045 khẳng định vai trò cốt lõi của hydrogen/amoniac xanh trong lộ trình chuyển dịch năng lượng và giảm phát thải của Tập đoàn. Mô hình phát triển tại TKV nổi bật với ba đặc điểm chính: (i) Tích hợp chặt chẽ với nhu cầu tiêu thụ nội bộ của các ngành hóa chất, điện, vận tải mỏ và luyện kim để giảm thiểu rủi ro thị trường; (ii) Xác định hydrogen xanh từ năng lượng tái tạo trên bãi thải và đất sau khai thác là hướng ưu tiên dài hạn, kết hợp NH_3 xanh làm chất mang năng lượng; (iii) Xem xét hydrogen lam từ khí hóa than kết hợp CCS/CCUS là giải pháp bổ sung có điều kiện khắt khe về tỷ lệ thu giữ carbon và hiệu quả môi trường.

Lộ trình đến năm 2045 được phân kỳ thành ba giai đoạn rõ ràng từ chuẩn bị (2026-2030), thí điểm Hydrogen Hub (2031-2040) đến tích hợp hệ sinh thái quy mô lớn (2041-2045). Chiến lược đánh dấu bước chuyển quan trọng từ tư duy sản xuất thuần túy sang quản trị tích hợp chuỗi giá trị và phát thải vòng đời. Việc thực thi thành công Chiến lược sẽ tạo động lực mới cho TKV, hiện thực hóa mô hình kinh tế tuần hoàn và đóng góp thiết thực vào mục tiêu trung hòa carbon vào năm 2050 của Việt Nam ■

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

Bộ Chính trị. (2024). Nghị quyết số 57-NQ/TW ngày 22/12/2024 về Đột phá phát triển khoa học, công nghệ, đổi mới sáng tạo và chuyển đổi số quốc gia.

Bộ Chính trị. (2025). Nghị quyết số 70-NQ/TW ngày 20/08/2025 về Đảm bảo an ninh năng lượng quốc gia đến năm 2030, tầm nhìn đến 2045.

Bộ Công Thương. (2024). Quyết định số 366/QĐ-BCT ngày 21/02/2024 ban hành Kế hoạch thực hiện Chiến lược phát triển Năng lượng Hydrogen của Việt Nam đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2050.

Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam. (2026). Dự thảo Quyết định phê duyệt Chiến lược phát triển Hydrogen và Amoniac xanh của TKV đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045.

Thủ tướng Chính phủ. (2024). Quyết định số 165/QĐ-TTg ngày 07/02/2024 phê duyệt Chiến lược phát triển Năng lượng Hydrogen của Việt Nam đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2050.

Thông tin tác giả:

NGUYỄN THỊ THU HUYỀN[1*] - PHẠM ĐÔNG HẢI[1] - PHẠM THANH HUYỀN[1] - PHAN THỊ THU THỦY[2] - NGUYỄN HOÀNG HUÂN[2] - TRẦN VĂN DŨNG[3]

[1]Viện Năng lượng, Bộ Công Thương
Institute of Energy, Ministry of Industry and Trade
* Tác giả liên hệ - Email: huyenntt.ievn@gmail.com

[2]Tổng Công ty Công nghiệp Hóa chất mỏ,
Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam
Mining Chemical Industry Holding Corporation - TKV

[3]Công ty Cổ phần Tin học, Công nghệ, Môi trường
Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam
Center for Informatics, Technology and Environment Joint Stock Company - TKV