

# KINH NGHIỆM QUỐC TẾ TRONG KIỂM KÊ KHÍ NHÀ KÍNH LĨNH VỰC KHAI THÁC VÀ CHẾ BIẾN KHOÁNG SẢN

Đào Văn Hiền\*, Nguyễn Thuý Lan\*\*, Lê Thị Hương\*\*\*

\* Trường Đại học KHTN, ĐHQG Hà Nội, Số 334 Nguyễn Trãi, Thanh Xuân, Hà Nội

\*\*Viện Khoa học và Công nghệ Mỏ - Luyện kim, Số 79 An Trạch, Đống Đa, Hà Nội

Phone: 0942.199.049 Email: [lan@cie.net.vn](mailto:lan@cie.net.vn);

\*\*\*Viện Cơ học, 246 Đội Cấn, Ba Đình, Hà Nội.

[Trích dẫn từ: *Tuyển tập Báo cáo Hội thảo Khoa học Kỹ thuật Mỏ Toàn quốc năm 2024*]

## TÓM TẮT

Ngành công nghiệp khai thác và chế biến khoáng sản đóng góp trực tiếp và gián tiếp vào phát thải khí nhà kính (KNK) thông qua việc tiêu thụ năng lượng, nhiên liệu và từ hoạt động sản xuất của ngành. Theo quy định của Luật Bảo vệ môi trường năm 2020, ngành này thuộc đối tượng phải lập báo cáo kiểm kê khí nhà kính cấp quốc gia, cấp lĩnh vực và cấp cơ sở. Bài báo trình bày kinh nghiệm của Australia và Trung Quốc trong áp dụng phương pháp đánh giá vòng đời (LCA) để tính toán lượng phát thải khí nhà kính trong hoạt động của ngành khai thác và chế biến một số loại khoáng sản như sắt, đồng, bôxít..., làm cơ sở để doanh nghiệp khoáng sản trong nước tham khảo, học tập.

## 1. Mở đầu

Theo yêu cầu của Luật Bảo vệ môi trường 2020, hoạt động kiểm kê khí nhà kính được quy định tại Điều 91 và Nghị định số 06/2022/NĐ-CP của Thủ tướng Chính phủ. Theo đó lĩnh vực khai thác và chế biến khoáng sản phải thực hiện lập báo cáo phục vụ kiểm kê khí nhà kính (KNK) cấp quốc gia, cấp lĩnh vực và cấp cơ sở [1,2]. Ngành công nghiệp khai thác và chế biến khoáng sản đóng góp trực tiếp và gián tiếp vào phát thải KNK thông qua việc sử dụng năng lượng, nhiên liệu và từ quá trình sản xuất (IPPU). Nguồn phát thải KNK trực tiếp gồm phát thải từ quá trình sản xuất (IPPU) tức là liên quan đến phát thải KNK từ các quá trình hóa, lý không tiêu thụ năng lượng của các công đoạn khai thác chế biến khoáng sản, chẳng hạn như quá trình chế biến nhôm có quá trình tách nhôm từ  $Al_2O_3$  giải phóng khí  $CO_2$  hoặc trong quá trình sản xuất gang thép có quá trình thiêu kết giải phóng một lượng lớn  $CO_2$  và  $CH_4$  và phát thải KNK do đốt nhiên liệu hóa thạch dùng để cung cấp năng lượng cho các hoạt động khai thác, chế biến khoáng sản. Phát thải KNK gián tiếp là KNK phát sinh trong quá trình khai thác mỏ không trực tiếp từ các hoạt động tại mỏ, bao gồm tiêu thụ điện năng cung cấp cho các hoạt động khai thác, sử dụng thuốc nổ, các hoạt động cung cấp hàng hóa dịch vụ cần thiết khác cho mỏ như cung cấp nguyên liệu thô, hoạt động vận tải. Việc sử dụng thuốc nổ trong khai thác cũng đóng góp một lượng nhỏ KNK vào khí quyển [3].

Phương pháp đánh giá vòng đời (Life Cycle Assessment, LCA) là phương pháp đánh giá tác động của một sản phẩm (ví dụ quặng sắt) trong đó bao gồm xem xét các tác động từ lúc khai thác tới giai đoạn chế biến, tinh luyện... Đây là phương pháp được sử dụng rộng rãi phục vụ công tác hoạch định chính sách để ra quyết định cho cấp lãnh đạo. Đối với hoạt động kiểm kê KNK trong lĩnh vực khai thác và chế biến khoáng sản, phương pháp đánh giá vòng đời LCA đã được áp dụng ở nhiều nước trên thế giới như Trung Quốc, Australia, Mexico, Nhật Bản, Nam Phi, v.v. Việc định lượng KNK phát thải trong từng công đoạn của quá trình khai thác và chế biến khoáng sản thông qua phương pháp LCA sẽ là cơ sở để xác định biện pháp giảm thiểu lượng KNK, giảm tác động tới môi trường [3]. Báo cáo này trình bày kinh nghiệm của Australia và Trung Quốc trong áp dụng phương pháp LCA để tính toán lượng phát thải KNK

trong hoạt động khai thác và chế biến một số loại khoáng sản như sắt-thép, đồng, bauxit, kẽm, than tại các quốc gia này.

## **2. Phương pháp LCA áp dụng trong khai thác và chế biến quặng sắt, đồng và bauxite của Australia**

Australia sử dụng phương pháp đánh giá vòng đời LCA để ước tính lượng KNK phát thải từ quá trình khai thác và chế biến quặng sắt, quặng đồng và quặng bauxite. Đây là 3 loại quặng có sản lượng khai thác hàng năm khá lớn tại Australia. Phương pháp LCA giúp xác nhu cầu năng lượng và phát thải KNK dựa trên vòng đời của quá trình khai thác và chế biến của từng loại quặng. Phương pháp này được áp dụng với mục đích hỗ trợ ngành khoáng sản Australia xác định khả năng giảm thiểu các tác động tới môi trường do hoạt động khai thác và chế biến trong bối cảnh dự báo hàm lượng các loại quặng này sẽ bị nghèo đi trong tương lai. Việc áp dụng phương pháp LCA để tính toán tổng lượng phát thải KNK từ hoạt động khai thác và chế biến quặng sẽ xem xét phát thải KNK ở từng công đoạn khai thác và chế biến. Quặng sắt và quặng bauxit của Australia sau khi khai thác sẽ được sử dụng làm đầu vào cho nhà máy luyện quặng mà không cần công đoạn tuyển quặng do chất lượng quặng sau khi khai thác vẫn đảm bảo chất lượng cho nhà máy tinh luyện. Riêng quặng đồng sau khai thác phải đưa về nhà máy tuyển quặng để làm giàu trước khi đưa vào nhà máy luyện đồng..

Hiện nay dữ liệu đầu vào cho quá trình tính toán phát thải KNK và tiêu thụ năng lượng của quá trình khai thác và chế biến 3 loại quặng trên của Australia theo phương pháp LCA dựa trên một số tài liệu về 3 loại quặng này đã được công bố trước đó và một số dữ liệu được thu thập bổ sung từ các nguồn thông tin khác. Số liệu đầu vào cho tính toán LCA này được sử dụng trên số liệu trung bình của 4 mỏ đại diện cho mỗi loại hình khai thác và chế biến quặng nói trên với các quy mô công suất được lựa chọn từ nhỏ, trung bình tới lớn. Một số dữ liệu như sản lượng hàng năm, số lượng máy móc, thiết bị sử dụng v.v của từng mỏ được thu thập từ website của các công ty khai thác mỏ và qua điều tra, khảo sát trực tiếp tại mỏ.

Việc tính toán phát thải KNK thông qua việc kiểm toán năng lượng tiêu thụ từ giai đoạn khai thác (cả lộ thiên và hầm lò) và từ chế biến, tinh luyện quặng. Khai thác hầm lò thường tiêu hao nhiều năng lượng hơn so với khai thác lộ thiên do tiêu tốn năng lượng ở các khâu vận tải, thông gió, bơm thoát nước và một số hoạt động khác. Khai thác lộ thiên và khai thác hầm lò bao gồm các công đoạn như khoan, nổ mìn, thông gió, bơm thoát nước, bốc xếp và vận chuyển, vận hành máy ủi, máy xúc, xe téc nước ..Ngoài ra đối với loại quặng phải trải qua dây chuyền tuyển thì sẽ bao gồm công đoạn nghiền, đập quặng, tuyển quặng (vật lý). Khâu này cũng tiêu thụ tương đối nhiều năng lượng.

Các loại nhiên liệu, hóa chất được sử dụng trong các công đoạn khai thác và chế biến quặng nói trên được kiểm kê phục vụ tính toán bao gồm lượng tiêu hao trên tấn quặng sản phẩm: điện, dầu diesel, thuốc nổ. Riêng đối với quặng đồng do trải qua dây chuyền tuyển quặng nên kiểm kê bao gồm thêm lượng quặng đồng vào nhà máy tuyển, hóa chất tuyển, quặng đuôi thải, lượng bị tiêu hao cho khâu nghiền quặng..

Kết quả tính toán LCA cho ra tổng lượng phát thải KNK trong khai thác và chế biến 3 loại quặng được nghiên cứu là 11,9 kg CO<sub>2</sub> tương đương /tấn quặng sắt và 4,9 kg CO<sub>2</sub> tương đương /tấn quặng bauxite, còn đối với tinh quặng đồng là 628 kg CO<sub>2</sub> tương đương/tấn (bao gồm công đoạn tuyển quặng đồng). Các giá trị năng lượng tiêu hao lần lượt là 153 MJ/tấn quặng sắt, 55 MJ/tấn quặng bauxite và 8329 MJ/tấn tinh quặng đồng. Các kết quả này cho thấy khâu bốc xúc và vận chuyển đến nhà máy tuyển đóng góp nhiều nhất (chiếm khoảng 50%) vào tổng lượng KNK phát thải từ quá trình khai thác và chế biến quặng sắt và quặng bauxite. Đối với quặng đồng, khâu đập và nghiền phát thải lớn nhất chiếm xấp xỉ 47% trong tổng lượng phát thải KNK của quá trình sản xuất quặng đồng. Do quặng đồng có hàm lượng thấp nên phải đi qua công đoạn nghiền, tuyển dẫn tới nhu cầu tiêu hao năng lượng và phát

thải KNK lớn hơn hẳn so với quặng sắt và quặng bauxite không cần đi qua công đoạn nghiền, tuyển quặng. Thuốc nổ đóng góp một phần nhỏ (dao động từ 1-8%) vào tổng lượng KNK thải ra đối với 3 loại quặng này.

Dựa trên các tính toán lượng phát thải KNK theo phương pháp LCA ở trên, cùng với dữ liệu về sản lượng khai thác, chế biến hàng năm của quặng sắt, quặng bauxite và quặng đồng ở Australia thì có thể ước tính lượng KNK phát thải hàng năm của lĩnh vực khai thác và chế biến quặng sắt, quặng bauxite và quặng đồng với các giá trị lần lượt là 2,8 triệu tấn CO<sub>2</sub> tương đương/năm; 0,3 triệu tấn CO<sub>2</sub> tương đương/năm và 1,9 triệu tấn CO<sub>2</sub> tương đương/năm.

### **3. Kinh nghiệm áp dụng phương pháp LCA tại Trung Quốc**

Hiện nay Trung Quốc là quốc gia phát thải KNK lớn nhất thế giới. Quốc gia này đã cam kết giảm phát thải từ 60% năm 2005 tới 65% vào năm 2030. Để đạt được cam kết này, Trung Quốc cần xây dựng chiến lược giảm phát thải KNK. Quá trình đô thị hóa của Trung Quốc cùng với phát triển cơ sở hạ tầng ngày càng gia tăng, dẫn tới nhu cầu đối với quặng sắt và sản xuất sắt thép ngày càng tăng. Ngành sắt thép là ngành phát thải lớn KNK ở Trung Quốc, đóng góp khoảng 12% tổng lượng KNK phát thải của quốc gia này, do vậy ngành này là ngành được ưu tiên trong chiến lược giảm phát thải của Trung Quốc [5,6].

Trung Quốc đã áp dụng phương pháp đánh giá vòng đời LCA cho sản phẩm sắt thép, bao gồm các tác động từ quá trình khai thác tới chế biến, luyện thép. Các ước tính phát thải KNK từ khai thác và chế biến quặng sắt dựa trên đánh giá LCA thông qua việc sử dụng nhiều loại dữ liệu từ các nguồn khác nhau sẽ tính được giá trị trung bình ước tính cho toàn lĩnh vực khai thác và chế biến quặng sắt. Phương pháp LCA xác định phạm vi kiểm kê KNK từ hoạt động khai thác và chế biến quặng sắt của Trung Quốc bao gồm tính toán cho 3 dạng sản phẩm từ sắt (gồm quặng cục, quặng thiêu kết và quặng viên). Các công đoạn sản xuất liên quan bao gồm: khai thác quặng sắt (lộ thiên và hầm lò), tuyển quặng sắt, vê viên, thiêu kết và luyện thép. Cụ thể các khâu trong quá trình khai thác lộ thiên quặng sắt tại Trung Quốc bao gồm: bóc lớp phủ thực vật, thoát nước mỏ, khoan và nổ mìn, bốc xúc, vận tải. Các khâu trong khai thác hầm lò bao gồm thông gió, thoát nước, khoan và nổ mìn, bốc xúc, vận tải. Sản phẩm quá trình khai thác là quặng sắt thô (hàm lượng Fe < 60%). Quặng sắt thô này sẽ trải qua công đoạn nghiền, sàng, tuyển (tuyển nổi, tuyển từ) để làm tăng hàm lượng Fe > 60%. Tiếp theo đó, quặng tinh sau công đoạn tuyển được làm tăng khả năng kết dính thông qua công đoạn thiêu kết hoặc tạo viên để hình thành các khối quặng phù hợp cho sử dụng trong lò luyện thép (lò cao). Các nhà máy sản xuất viên thường có vị trí gần mỏ quặng. Sau khi tạo viên, quặng viên được vận chuyển tới các nhà máy luyện thép. Các nhà máy thiêu kết được đặt gần nhà máy luyện thép để thuận tiện vận chuyển quặng thiêu kết vào lò cao trong các nhà máy luyện thép. Ở Trung Quốc, cả 3 loại quặng sắt này được vận tải bằng đường sắt tới các nhà máy luyện thép.

Phương pháp LCA áp dụng phương pháp tính toán chi tiết (bottom-up) để ước tính lượng phát thải KNK ở từng công đoạn riêng rẽ trong cả quá trình khai thác và chế biến quặng. Do thiếu dữ liệu độc lập của mỏ khai thác lộ thiên và mỏ khai thác hầm lò nên tính toán chi tiết áp dụng phương pháp giả định toàn bộ mỏ quặng sắt ở Trung Quốc khai thác lộ thiên. Các số liệu giả định tính toán cho phát thải KNK từ các công đoạn khai thác quặng sắt gồm: cacbon từ thăm phủ thực vật (công đoạn phát quang thăm phủ thực vật), dầu diesel (công đoạn vận tải đất đá bằng xe tải trọng lớn, động cơ điện sử dụng dầu diesel, xe tải xúc bốc quặng, thuốc nổ (nổ mìn), điện năng (thoát nước mỏ).

Đối với công đoạn sản xuất sắt thép, thống kê được tiến hành trên 53 nhà máy luyện thép có sẵn cơ sở dữ liệu trong Niên giám thống kê về Khai thác và chế biến quặng sắt của Trung Quốc. Đối với vận tải bằng đường sắt cũng sử dụng số liệu trong Niên giám thống kê về Khai thác và chế biến quặng sắt của Trung Quốc. Niên giám này cung cấp dữ liệu về tọa độ địa lý

của các cơ sở chế biến quặng sắt và các nhà máy luyện thép để tính toán khoảng cách từ khu vực chế biến vận chuyển tới nhà máy luyện thép. Mức tiêu thụ nhiên liệu phục vụ hoạt động vận tải đường sắt được tính toán bằng cách sử dụng phân bố khoảng cách và hệ số tiêu thụ nhiên liệu. Hệ số tiêu thụ nhiên liệu được tính dựa trên cơ sở dữ liệu đã được công bố và tài liệu hiện có. Tính toán phát thải liên quan sử dụng dầu diesel và điện được sử dụng hệ số phát thải lấy từ tài liệu tham khảo của nhiều tác giả khác nhau của nhiều quốc gia. Điện được giả định là hỗn hợp lưới điện của Trung Quốc phân bố đều cho các khu vực trên toàn quốc.

Kết quả tính toán phát thải trung bình cho khai thác lộ thiên lần lượt là 35-39 kg CO<sub>2</sub> tương đương/tấn quặng. Nguồn phát thải khí nhà kính lớn nhất đối với khai thác lộ thiên là bốc xếp và vận chuyển quặng sắt (chiếm 67% tổng phát thải khai thác), nơi sử dụng máy xúc và xe tải chạy bằng dầu diesel để vận chuyển quặng từ mỏ đến chế biến thêm. Thứ hai là việc loại bỏ thực vật và đất mặt, bao gồm phát thải KNK từ quá trình phân hủy vi sinh vật của lớp sinh khối và đất bị loại bỏ, đồng thời mất năng suất quang hợp trong suốt thời gian hoạt động của mỏ. Khai thác lộ thiên đối với than quặng ở tầng nông có thể giúp giảm sử dụng năng lượng và phát thải vì tránh được năng lượng sử dụng cho thông gió, vì thông gió chiếm hơn 30% tổng năng lượng sử dụng trong khai thác hầm lò. Hiện tại, khai thác lộ thiên chiếm 87% sản lượng quặng sắt của Trung Quốc. Tuy nhiên, nhiều mỏ ở Trung Quốc nằm cách bề mặt đất trên 200 m và lượng năng lượng tiêu thụ để loại bỏ đất bóc và đất đá thải trong khai thác lộ thiên bù đắp cho lượng năng lượng sử dụng để thông gió trong khai thác hầm mỏ.

Đối với chế biến quặng sắt, tổng giá trị phát thải từ quá trình thiêu kết và vôi viên phát thải lớn do nhu cầu nhiệt cho quá trình lớn. Thiêu kết có lượng phát thải KNK cao hơn đáng kể so với khâu vôi viên. Phát thải KNK từ thiêu kết dao động từ 200 đến 280 kg CO<sub>2</sub> tương đương/tấn trong khi phát thải tạo viên thấp hơn, ở mức 25 đến 30 kg CO<sub>2</sub> tương đương/tấn. Do đó, tỷ lệ quặng thiêu kết trong hỗn hợp cung cấp cho lò cao của nhà máy luyện thép ảnh hưởng đến tổng ước tính phát thải khí nhà kính cho giai đoạn này và toàn bộ quá trình sản xuất.

Nguồn phát thải khí nhà kính lớn thứ hai là công đoạn tuyển quặng sắt để làm giàu quặng sắt. So với quặng giàu sắt của các nước khác như Australia hoặc Brazil có quặng chứa trên 50% Fe thì có tới 94% quặng sắt của Trung Quốc là được xếp loại nghèo (trung bình khoảng 27% Fe). Quặng hàm lượng sắt cao (trên 60%) chỉ cần chế biến đơn giản trong khi quặng thô nghèo thì đòi hỏi các quy trình xử lý phức tạp hơn và bao gồm các bước bổ sung như nghiền, tuyển nổi/tuyển từ, cô đặc, lọc và sấy. Kèm theo đó là tiêu hao điện gia tăng. Có tới hơn 70% điện lưới của Trung Quốc có nguồn gốc từ sử dụng than và than bùn nên lượng phát thải KNK do tiêu thụ điện rất lớn.

Các kết quả nghiên cứu LCA cho thấy chất lượng quặng sắt (hàm lượng sắt có trong quặng) ảnh hưởng tới kết quả tính toán phát thải KNK ở Trung Quốc. Quặng sắt càng nghèo (hàm lượng sắt càng thấp) thì phát thải KNK càng lớn. Thông qua kết quả tính toán theo phương pháp LCA này có thể nhận định rằng việc nhập khẩu quặng sắt hàm lượng cao và tỷ lệ vôi viên đưa vào lò cao các nhà máy luyện thép tăng thì có thể giúp giảm phát thải KNK do khai thác và chế biến quặng sắt tại Trung Quốc.

#### **4. Kết luận**

Kinh nghiệm của Australia và Trung Quốc trong áp dụng phương pháp đánh giá theo vòng đời LCA để kiểm kê lượng KNK phát thải trong hoạt động khai thác và chế biến một số loại khoáng sản cho thấy việc áp dụng phương pháp LCA mang lại nhiều lợi ích cho doanh nghiệp khai thác và chế biến khoáng sản. Do phương pháp kiểm kê này giúp xác định được lượng KNK phát thải tại từng công đoạn của quy trình sản xuất nên sẽ giúp doanh nghiệp tập trung giảm thiểu tác động tại công đoạn đó hoặc thiết kế được lộ trình cải tiến công nghệ theo từng công đoạn sản xuất cũng như điều chỉnh kế hoạch/phương án sản xuất kinh doanh v.v

Tuy nhiên, để áp dụng được phương pháp LCA này đòi hỏi doanh nghiệp khoáng sản cần thiết lập bộ cơ sở dữ liệu chi tiết về mức tiêu hao nguyên, nhiên, vật liệu của từng công đoạn sản xuất của chính doanh nghiệp, mà điều này trên thực tế hiện nay chưa sẵn có. Các doanh nghiệp cũng sẽ có thể gặp khó khăn trong chủ động tính toán kiểm kê nếu không được hướng dẫn, đào tạo. Đề xuất các bộ, ngành quản lý lĩnh vực khai thác và chế biến khoáng sản xây dựng, ban hành các tài liệu hướng dẫn kỹ thuật cũng như tổ chức các khóa tập huấn, đào tạo thực hành áp dụng phương pháp LCA. Cơ sở dữ liệu tính toán phát thải KNK chính xác tại từng doanh nghiệp sẽ là bộ cơ sở dữ liệu quan trọng cho các bộ, ngành quản lý lĩnh vực ban hành các chính sách và lộ trình giảm phát thải KNK cho toàn ngành, đảm bảo mục tiêu phát thải ròng bằng không vào năm 2050 của ngành, lĩnh vực như Chính phủ đã cam kết./

## **5. Tài liệu tham khảo**

- [1] Luật Bảo vệ môi trường số 72/2020/QH14.
- [2] Nghị định số 06/2022/NĐ-CP của Thủ tướng Chính phủ ngày 07/01/2022 quy định giảm nhẹ phát thải khí nhà kính và bảo vệ tầng ô-dôn.
- [3] Li-yuan Liu, Hong-guang Ji, Xiang-feng Lü, Tao Wang, Sheng Zhi, Feng Pei, and Dao-lu Quan. Mitigation of greenhouse gases released from mining activities: A review. *International Journal of Minerals, Metallurgy and Materials* Volume 28, Number 4, April 2021, Page 513
- [4] Northey, S.; Haque, N.; Mudd, G. Using sustainability reporting to assess the environmental footprint of copper mining. *J. Clean. Prod.* 2013, 40, 118–128.
- [5] Norgate, T.; Haque, N. Using life cycle assessment to evaluate some environmental impacts of gold production. *J. Clean. Prod.* 2012, 29–30, 53–63.
- [6] Norgate, T.; Haque, N. Energy and greenhouse gas impacts of mining and mineral processing operations. *J. Clean. Prod.* 2010, 18, 266–274.
- [7] Yu Gan, W. Michael Griffin Analysis of life-cycle GHG emissions for iron ore mining and processing in China—Uncertainty and trends, *Resources Policy*, Volume 58, October 2018, Pages 90-96.