



KHAI THÁC TỐI ĐA TIỀM NĂNG SỬ DỤNG CỦA THAN ĐÁ VIỆT NAM

Trần Văn Quang¹, Nguyễn Thị Bích Ngọc²

¹Vụ Phát triển KH&CN địa phương, Bộ Khoa học và Công nghệ

²Trường Đại học Mở - Địa chất

Than đá là một loại nhiên liệu hóa thạch với thành phần chính là cacbon và một số nguyên tố khác. Mặc dù than có trữ lượng cao hơn so với các nguồn nhiên liệu khác như dầu mỏ hoặc khí đốt nhưng đây là tài nguyên không thể tái tạo được. Nghiên cứu của các nhà khoa học đã chỉ ra rằng, than đá không chỉ được sử dụng theo cách truyền thống (đốt) để đáp ứng nhu cầu về năng lượng mà còn có nhiều ứng dụng khác nữa, như tạo ra các loại nhiên liệu như than hóa lỏng (ICTL), khí hóa than, xăng từ than đá và nhiều công dụng khác nữa. Từ trước tới nay, ở Việt Nam, than đá thường chỉ được đốt để cung cấp năng lượng cho các quá trình sản xuất cần nhiệt lượng cao (sản xuất nhiệt điện, luyện kim, trong các lò nung, các đầu máy hơi nước...) mà chưa được sử dụng ở những dạng khác. Bên cạnh đó, sự cạn kiệt về nguồn tài nguyên than và quy mô khai thác ngày càng giảm đòi hỏi chúng ta phải tìm kiếm những cách thức mới để khai thác tối đa giá trị sử dụng của than Việt Nam. Bài viết giới thiệu các sản phẩm từ than và đề xuất các giải pháp nâng cao giá trị sử dụng của than Việt Nam nhằm khai thác tối đa lợi ích từ nguồn tài nguyên này và góp phần bảo vệ môi trường.

Đặt vấn đề

Những năm gần đây, cùng với sự phát triển chung của cả nước, các hoạt động khai thác khoáng sản nói chung và khai thác than của Việt Nam nói riêng đã và đang góp phần to lớn vào công

cuộc đổi mới đất nước, chiếm vị trí quan trọng trong nền kinh tế của Việt Nam. Hoạt động khai thác và kinh doanh than đã đóng góp tới 5,6% GDP của quốc gia, tạo công ăn việc làm cho hàng chục vạn lao động cũng như các hoạt động xã hội khác, nhất là đảm

bảo an ninh năng lượng quốc gia. Theo số liệu của Tập đoàn Than - Khoáng sản Việt Nam, tổng sản lượng than khai thác giai đoạn 2011-2015 đạt 195,65 triệu tấn (bình quân 39,13 triệu tấn/năm), tiêu thụ 192,3 triệu tấn (bình quân 38,46 triệu tấn/năm).

Quy hoạch phát triển ngành than Việt Nam đến năm 2020, triển vọng đến năm 2030 (Quyết định số 403/QĐ-TTg ngày 14/3/2016 của Thủ tướng Chính phủ) đã đặt ra yêu cầu phát triển ngành than trên cơ sở khai thác, chế biến và sử dụng than một cách hiệu quả, tiết kiệm nguồn tài nguyên than của đất nước, đóng góp tích cực cho bảo đảm an ninh năng lượng quốc gia. Theo đó, sản lượng than khai thác hàng năm sẽ không tăng mạnh như những năm trước đây (đến 2025 khoảng 48-50 triệu tấn, chỉ bằng sản lượng than đã khai thác của năm 2012-2013), tập trung chủ yếu cho nhu cầu thị trường trong nước để đảm bảo an ninh năng lượng quốc gia. Trong tương lai, nhu cầu than trong nước cũng tăng mạnh (đến năm 2020, có tới 9 nhà máy nhiệt điện đã nằm trong quy hoạch triển khai, đòi hỏi một lượng than không nhỏ). Bên cạnh đó, do điều kiện khai thác ngày một khó khăn nên giá thành khai thác ngày càng tăng. Như vậy, cả từ góc độ khai thác lẫn quy hoạch đều cho thấy, sản lượng của nguồn tài nguyên không tái tạo này suy giảm, đòi hỏi chúng ta phải có những cách thức khai thác mọi khía cạnh sử dụng của than.

Một điều phải được đề cập đến là việc Việt Nam đã tham gia ký Thỏa thuận Paris về biến đổi khí hậu ngày 12/12/2015, tập trung vào 5 trụ cột chính là thích ứng; giảm nhẹ; tăng cường năng lực; chuyển giao công nghệ; tài chính; minh bạch trong các hoạt động ứng phó và hỗ trợ. Tại Thỏa thuận này, các nước phát triển cam kết huy động 100 tỷ USD/năm từ năm 2020 để hỗ trợ cho các nước nghèo chuyển đổi sang nền kinh tế cacbon thấp, mở ra cơ hội lớn cho đầu tư năng lượng sạch, năng lượng tái tạo. Điều này có nghĩa là, nếu Việt Nam tiếp tục

đầu tư cho nhiệt điện than thì rất rủi ro, việc hạn chế khai thác than đá, đầu tư công nghệ cho năng lượng tái tạo sẽ tốt hơn nhiều, bởi chỉ 5-10 năm nữa năng lượng tái tạo được dự đoán còn rẻ hơn than. Vì vậy, vấn đề khai thác tối đa lợi ích từ tài nguyên than của Việt Nam vừa là bài toán về hiệu quả kinh tế vừa góp phần bảo vệ môi trường, ứng phó với biến đổi khí hậu. Nhờ có các nghiên cứu chuyên sâu về than đá, các nhà khoa học trong và ngoài nước đã có khá nhiều kết quả có thể ứng dụng tạo ra các sản phẩm từ than đá, gồm hai nhóm: (1) Các sản phẩm chủ lực thay thế cho các loại vật liệu khác như: nhiên liệu mới được gọi là Coalgae từ tảo và bột than đá, nhiên liệu ICTL, khí hóa than, chế biến than đá thành xăng...; (2) Các sản phẩm phụ được làm từ than đá như: vật liệu lọc nước; điêu khắc, vẽ tranh mỹ nghệ... Sau đây xin giới thiệu tóm tắt về một số sản phẩm được làm từ than đã được nghiên cứu thành công, đồng thời đề xuất một số kiến nghị nhằm thúc đẩy việc nghiên cứu ứng dụng công nghệ trong việc sử dụng tài nguyên than của Việt Nam.

Công nghệ chế biến và những sản phẩm có thể tạo ra từ than

Khí hóa than

Đây là phương pháp chuyển hóa than, hoặc các vật liệu có chứa cacbon (kể cả sinh khối, rác thải sinh hoạt và phế thải công nghiệp) thành các nguyên liệu hoá chất quan trọng như CO, H₂, và các dạng năng lượng như nhiệt năng, điện năng. Khác với việc đốt than trực tiếp, công nghệ khí hóa chuyển hóa than - thực tế là nguyên liệu cacbon - thành các thành phần hoá chất cơ bản. Trong thiết bị khí hóa hiện đại, than được tiếp xúc với không khí (hoặc oxy) và hơi nước ở áp suất

và nhiệt độ cao được kiểm soát chặt chẽ. Trong những điều kiện đó, các phân tử cacbon trong than sẽ tham gia các phản ứng hoá học tạo ra hỗn hợp CO, H₂ và các khí thành phần khác. Hydro và các loại khí khác có trong khí than có thể được sử dụng làm nguyên liệu để sản xuất nhiều sản phẩm hoá chất quan trọng như amoniac, phân urê, các sản phẩm hữu cơ... hoặc dùng làm nhiên liệu cho các tuabin phát điện.

Tùy theo điều kiện thực tế và chủng loại, kích cỡ than, hiện đã có các kiểu công nghệ tương ứng để thực hiện khí hóa than phổ biến hiện nay là: khí hóa than tầng cố định (áp dụng với than cục to, đường kính 10-100 mm); khí hóa than tầng sôi (áp dụng với than cục nhỏ, đường kính 0-10 mm) và khí hóa than dòng cuốn (áp dụng với than cám, đường kính 0-2 mm). Cả 3 công nghệ khí hóa than này đều có thể cho ra các sản phẩm khí, đó là: Khí than khô, khí lỏng, khí than ướt, khí than giàu oxy... Ngược lại, một phương pháp khí hóa nhất định cũng có thể khí hóa được nhiều loại than khác nhau. Khí hóa than được coi là phương pháp toàn diện và sạch nhất để sản xuất nhiên liệu hydro sạch cho xe ô tô của tương lai và cho pin nhiên liệu dùng để phát điện. Công nghệ khí hóa than còn mang lại ích lợi lớn về mặt môi trường trong việc sử dụng than, nhờ khả năng làm sạch đến 99% các tạp chất gây ô nhiễm trong khí than. Ví dụ, nitrơ có trong khí than sẽ được chuyển hóa thành amoniac và có thể được dùng để sản xuất phân bón hoặc các hoá chất khác...

Chế biến than đá thành xăng

Than đá và dầu mỏ đều thuộc loại nhiên liệu hóa thạch, hợp chất chủ yếu trong các loại nhiên liệu hóa thạch này đều do hai nguyên

tổ cacbon và hydro tạo nên. Điểm khác nhau lớn nhất của hai loại nhiên liệu là hàm lượng hydro trong chúng khác nhau: trong dầu mỏ là 11-14%, còn ở than đá là 5-8%. Chính nhờ vậy mà có thể biến than đá thành xăng. Từ hơn 50 năm về trước, các nhà hóa học đã nghiên cứu và tìm ra giải pháp biến than đá thành xăng trong phòng thí nghiệm. Người ta đã tìm cách tăng hàm lượng hydro trong các hợp chất có trong than đá. Trước hết, người ta nghiền than đá thành bột mịn, sau đó thêm dung môi, rồi sục khí hydro. Sau đó dưới điều kiện áp suất cao và nhiệt độ 380-460°C, hydro sẽ tác dụng với than đá và tạo ra “xăng nhân tạo” và các hợp chất có khối lượng phân tử thấp khác. Dùng biện pháp chưng phân biệt, ta có thể nhận được phần xăng nhân tạo, dầu mazut cùng các nhiên liệu khác. Nội dung của phương pháp điều chế xăng nhân tạo là trước hết biến than đá thành khí than, bổ sung khí hydro vào khí than và khống chế để tỷ lệ mono oxyt cacbon:hydro = 1:2. Dưới tác dụng xúc tác của sắt, coban hay niken ở nhiệt độ 200°C, hai chất sẽ tác dụng với nhau tạo thành hợp chất mới. Trong sản phẩm tạo thành có đến 83% là xăng, còn lại là mazut và nhiều hợp chất khác. Do việc biến than đá thành khí than là một công nghệ khá quen thuộc nên kỹ thuật điều chế xăng như vừa mô tả thực hiện tương đối dễ dàng. Với quá trình chế biến than đá thành xăng, người ta có thể loại bỏ được phần lớn các tạp chất có hại đối với con người và môi trường. Hơn nữa, so với dầu mỏ thì việc chuyên chở than đá được thực hiện dễ dàng hơn, nên nhiều quốc gia tìm cách mở rộng quy mô các nhà máy sản xuất xăng dầu đi từ than đá. Đồng thời các nhà khoa học cũng đang tìm cách cải tiến phương pháp

biến than đá thành xăng dầu cho tốt hơn, để có thể biến một phần than đá có trữ lượng khá phong phú thành xăng dầu, phục vụ cho lợi ích của nhân loại.

Sản xuất nhiên liệu mới từ bột than đá và tảo

Sản phẩm này là của nhóm nghiên cứu do GS Ben Zeelie dẫn đầu, là bước đột phá trong sản xuất chất đốt sạch vì nó sử dụng thành phần chính là bột than đá, chất thải của quy trình khai khoáng. Quá trình khai khoáng không chỉ gây rủi ro môi trường do chất thải giải phóng các hóa chất nguy hại tiềm tàng vào đất trong thời gian dài, mà còn gây tổn thất lớn về kinh tế. Khai thác bột than đá để sản xuất nhiên liệu khắc phục được cả hai hạn chế này. Để sản xuất nhiên liệu mới, nhóm nghiên cứu trồng tảo trong các hồ nhân tạo rộng lớn, thu gom lại và trộn lẫn với chất thải bột than đá. Sản phẩm tạo thành dưới dạng bánh than được sấy khô. Những bánh than đó có thể được nung nóng không cần oxy ở nhiệt độ khoảng 450°C và đốt cháy không thải khói để sản xuất nhiên liệu rắn, chất đốt sạch và dầu thô chất lượng cao. Sản phẩm được sử dụng như than đá để sản sinh nhiệt và năng lượng. Các nhà nghiên cứu cho rằng, nếu khối lượng lớn bột than đá trên thế giới được sử dụng để sản xuất Coalgae thì nguồn nhiên liệu này sẽ trở nên phổ biến trên toàn cầu.

Sản xuất hóa chất và nhiên liệu sạch từ than đá

Theo Tập đoàn Công nghiệp hóa chất Việt Nam, từ năm 2008, Accelergy, một công ty hàng đầu về công nghệ năng lượng thay thế đã khởi động chương trình tổ hợp về nhiên liệu ICTL hướng tới sản xuất các hóa chất và nhiên liệu sạch từ than đá nhờ việc kết

hợp sử dụng chất xúc tác mới với các công nghệ chế biến than đá nhằm tạo ra các loại nhiên liệu. Công nghệ hóa lỏng than đá có thể thay đổi tình hình sử dụng năng lượng và đảm bảo tính đa dạng trong việc cung cấp nguồn năng lượng cho nhiều quốc gia mà không làm tăng lượng khí nhà kính. Với trữ lượng 1 nghìn tỷ tấn than đá trên toàn cầu, các chuyên gia cho rằng, nhiên liệu từ ICTL có thể là một nguồn nhiên liệu thay thế quan trọng trong tương lai.

Tăng hiệu suất và xử lý khí thải trong sử dụng năng lượng từ than đá

Tác hại lớn nhất của việc sử dụng năng lượng từ than đá là sản sinh ra quá nhiều khí CO₂, đây là vấn đề được nhiều nhà nghiên cứu quan tâm. Để tăng hiệu suất sử dụng than, góp phần giảm thiểu tác hại môi trường, các nhà khoa học thuộc Đại học Queensland, Úc đã nghiên cứu và thử nghiệm thành công một công nghệ mới xử lý khí thải CO₂ trong việc sử dụng năng lượng từ than đá, mục tiêu là giảm thiểu tác động lên môi trường bằng cách tách khí CO₂ ra khỏi khí thải từ quá trình đốt than và không cho nó giải phóng vào khí quyển. Dự án về công nghệ có tên Direct Carbon Fuel Cells (DCFC). Công nghệ mới sẽ tạo ra năng lượng gấp đôi khi sử dụng than đá so với công nghệ hiện nay, đồng thời giảm tối đa các khí thải phụ gây hiệu ứng nhà kính. Các chuyên gia hóa học cho rằng, hiệu suất năng lượng cao sẽ giảm phân nửa khối lượng than đá cần thiết để sản xuất điện khi sử dụng công nghệ này. Như vậy, ngành công nghiệp (đặc biệt là công nghiệp nặng, công nghiệp chế biến) sẽ tiết kiệm đáng kể năng lượng và chi phí, và lợi ích của người tiêu



Một số sản phẩm mỹ nghệ từ than đá

dùng cũng được nâng cao. Cùng với hiệu quả tiết kiệm năng lượng và chi phí, công nghệ DCFC cũng sẽ cung cấp năng lượng sạch hơn. Với công nghệ DCFC, sản phẩm phụ từ quá trình đốt than, khí CO₂ sẽ được lọc lại, xử lý và lưu trữ một cách an toàn. Hiện nay, các kỹ sư của Đại học Queensland là những người đi đầu trong phát triển công nghệ than đá ít khí thải và cung cấp nguồn năng lượng tái tạo như hydro, địa nhiệt và năng lượng mặt trời.

Chế tác mỹ nghệ than đá

Trên thế giới không nhiều nơi có nghề chế tác mỹ nghệ than đá, nghề này cũng mới chỉ xuất hiện ở nước ta từ cuối thế kỷ XX, khi người Pháp khai thác các mỏ than ở Quảng Ninh. Khi đó, người Pháp đã cho mở một xưởng chuyên chế tác tranh, mỹ nghệ than đá phục vụ cho nhu cầu của họ, đồng thời mở một số lớp dạy nghề cho người dân bản địa. Theo thời gian, chế tác than mỹ nghệ đã trở thành một nghề truyền thống mang tính đặc thù của tỉnh Quảng Ninh. Để có những sản phẩm mỹ nghệ làm bằng than đá, người thợ thủ công phải chọn những tảng than đá có kích thước lớn được

khai thác từ tự nhiên về để chạm khắc. Tuy nhiên đến nay, cả tỉnh Quảng Ninh chỉ còn khoảng 7 hộ gia đình đang duy trì nghề này. Do công nghệ khai thác phát triển mạnh nên nguồn nguyên liệu cho nghề thủ công mỹ nghệ ngày càng khan hiếm. Nắm bắt được thực trạng này và nhằm đa dạng hóa sản phẩm phục vụ du lịch, Sở Khoa học và Công nghệ Quảng Ninh đã tham mưu cho UBND tỉnh Quảng Ninh phê duyệt đề tài về nghiên cứu công nghệ ép định hình tạo sản phẩm mỹ nghệ từ bột than đá do Liên minh Hợp tác xã doanh nghiệp ngoài quốc doanh tỉnh Quảng Ninh làm đơn vị chủ trì nghiên cứu. Sau khi đề tài được thực hiện thành công đã góp phần tạo ra được các sản phẩm mỹ nghệ từ bột than đá đáp ứng nhu cầu của thị trường.

Tiềm năng khai thác và hướng nghiên cứu các sản phẩm từ than ở Việt Nam

Ở nước ta có các loại than chính như: than antraxit, than bùn, than mỡ, than đá..., phân bố rộng khắp trên cả nước. Sản lượng chủ yếu vẫn tập trung nhiều ở vùng Đông Bắc (Quảng Ninh, Lạng Sơn...). Xét về trữ lượng, tính đến tháng

1/2005, tổng trữ lượng than đã tìm kiếm thăm dò khoảng 6,14 tỷ tấn.

Với nhiều chủng loại than và tiềm năng về trữ lượng đã thăm dò cho thấy, việc nghiên cứu, ứng dụng công nghệ để sản xuất ra các sản phẩm từ than như đã nêu trên là đòi hỏi tất yếu và hoàn toàn khả thi nếu vấn đề này thực sự được quan tâm. Xin được nêu một vài hướng nghiên cứu nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng than của nước ta.

Thứ nhất, theo đánh giá của các nhà khoa học trong hoạt động khai thác than trên thế giới có tới 30% than đá bị thất thoát dưới dạng bột và mỗi năm có khoảng 50-60 triệu tấn bột than đá bị chôn lấp. Đặc biệt, ở Việt Nam, khi công nghệ khai thác chưa được đồng bộ hoàn toàn, lượng bột than đá bị thất thoát trong quá trình khai thác sẽ không ít hơn tỷ lệ đó. Đây là một vấn đề rất cần được quan tâm bởi đó là nguồn tài nguyên sẽ không thể lấy lại được vì đã bị chôn lấp hoặc trôi ra ngoài tự nhiên, cần phải có nghiên cứu để tận dụng triệt để nguồn bột than này ngay trong quá trình khai thác. Nguồn nguyên liệu này

có thể được ứng dụng công nghệ nhân tạo để tạo ra một nguồn nguyên liệu mới thay thế cho một số loại chất đốt hiện nay.

Thứ hai, như đã nêu trên, vai trò của ngành than đặc biệt quan trọng trong đảm bảo an ninh năng lượng quốc gia, theo đó sản lượng than cung ứng cho các nhà máy nhiệt điện chiếm hơn 80% sản lượng khai thác hàng năm. Việc nâng cao hiệu suất và xử lý khí thải từ các nhà máy nhiệt điện đang rất cần phải có đầu tư nghiên cứu. Công nghệ năng lượng sạch DCFC (Đại học Queensland, Úc) sẽ là hướng ứng dụng chuyển giao rất có lợi cho ngành than nói riêng và đất nước nói chung bởi ngoài việc tiết kiệm năng lượng, còn giúp làm sạch môi trường đối với các nhà máy nhiệt điện hiện nay.

Thứ ba, khí hóa than ở Việt Nam hiện đã được áp dụng trong một số ngành công nghiệp như sản xuất gạch, xi măng, và nhất là trong các nhà máy nhiệt điện sử dụng công nghệ phun tầng sôi. Tuy nhiên, công nghệ này mới chỉ được ứng dụng một cách nhỏ lẻ ở một số nhà máy trong ngành công nghiệp. Nên chăng cần có nghiên cứu hình thành cơ sở sản xuất khí hóa than tập trung để cung ứng cho thị trường tiêu dùng (thay thế cho khí ga đang được sản xuất từ dầu mỏ).

Một số kiến nghị

Tài nguyên khoáng sản nói chung và than nói riêng là nguồn tài nguyên không thể tái tạo được. Vì thế, việc nghiên cứu, đa dạng hóa các sản phẩm từ than vừa là yêu cầu vừa là đòi hỏi của thực tiễn nhằm đóng góp cho việc khai thác và sử dụng than ở Việt Nam

một cách hiệu quả và có tính bền vững. Để có được sản phẩm phù hợp với điều kiện thực tế nước ta, xin có một số kiến nghị sau:

Một là, cần triển khai một nghiên cứu chuyên sâu, đầy đủ về các sản phẩm đã và đang được nghiên cứu đưa vào sử dụng tại các nước để có đánh giá sơ bộ về hiệu quả của một số sản phẩm than có tiềm năng thay thế các sản phẩm hiện có nhằm cung cấp cơ sở cho quản lý vĩ mô cũng như điều chỉnh, hoạch định lại chiến lược sản xuất trong các ngành sản xuất liên quan.

Hai là, lựa chọn sản phẩm có tính khả thi, thực tiễn và đang có nhu cầu lớn để tập trung đầu tư ứng dụng, chuyển giao công nghệ để sớm có được các sản phẩm mới, đa dạng hóa sản phẩm than hiện có, trong đó đặc biệt quan tâm đến những công nghệ giải quyết những vấn đề mang tính cấp thiết như tận thu than bột trong quá trình khai thác, sử dụng công nghệ năng lượng sạch...

Ba là, cần có một quyết sách đủ mạnh kèm theo chính sách đặc thù giao cho một cơ quan đầu mối chịu trách nhiệm tổ chức nghiên cứu mang tầm vĩ mô nhằm thúc đẩy tìm kiếm nghiên cứu, làm chủ được một số công nghệ chế biến sâu các sản phẩm từ than để sớm đưa ra các cơ sở khoa học và thực tiễn trong khai thác và sử dụng tài nguyên than thực sự có hiệu quả, mang tính bền vững

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Tập đoàn Than - Khoáng sản Việt Nam (2015), *Báo cáo tổng kết hoạt động sản xuất kinh doanh*.
2. Quyết định số 403/QĐ-TTg ngày 14/3/2016 của Thủ tướng Chính phủ phê duyệt

Quy hoạch phát triển ngành than đến 2020, có xét triển vọng đến năm 2030.

3. Công ty Cổ phần tư vấn đầu tư mỏ và công nghiệp (2008), *Nghiên cứu, xây dựng các mục tiêu định lượng giảm phát thải khí nhà kính trong ngành năng lượng Việt Nam, giai đoạn 2013-2030*.

4. Đặng Trung Thuận và nnk (2012), *Thực trạng quản lý, khai thác và sử dụng tài nguyên khoáng sản trong bối cảnh phát triển bền vững ở Việt Nam*, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật.

5. Hồ Sĩ Giao (2010), "Hiện trạng môi trường trong hoạt động khai thác mỏ lộ thiên - Những vấn đề bức xúc", *Tạp chí Công nghiệp mỏ*, số 1.

6. Tổng cục Địa chất và Khoáng sản Việt Nam (2016), *Diễn đàn Hợp tác khoáng sản bền vững Việt Nam - Australia*.

7. Nguyễn Anh (2010), *Sử dụng khoáng sản để phát triển bền vững*, Hội bảo vệ thiên nhiên và môi trường Việt Nam.

8. Nguyễn Phan Doanh (2015), "Sản xuất nhiên liệu mới từ bột than đá và tảo", *Website Cục Thông tin khoa học và công nghệ quốc gia*, <http://www.vista.gov.vn/UserPages/News/detail/tabid/73/newsid/12873/seo/San-xuat-nhien-lieu-moi-tu-bot-than-da-va-tao/language/vi-VN/Default.aspx>.

9. Thùy Linh (2009), "Sản xuất hóa chất và nhiên liệu sạch từ than đá", *Tạp chí Công nghiệp hóa chất*, số 1.

10. Tổng cục Địa chất và Khoáng sản Việt Nam (2012), *Công nghệ mới than đá giảm tác hại môi trường*, http://dgm.v.gov.vn/index.php?option=com_k2&view=item&id=5297:c%3%B4ng-ngh%E1%BB%87-m%E1%BB%9Bi-than-%C4%91%3%A1-gi%E1%BA%A3m-t%3%A1c-h%E1%BA%A1i-m%3%B4i-tr%6B%0%E1%BB%9Dng&lang=vi.

11. Luật Khoáng sản Việt Nam (2010).

12. Anh Ngọc (2016), "Thỏa thuận Paris về Biến đổi khí hậu: Tiến trình và thành công", *Hội nghị các bên tham gia Công ước khung của Liên hợp quốc về biến đổi khí hậu lần thứ 21 COP21*, <http://chuyentrang.monre.gov.vn/cop21/thong-bao/tin-tuc/thoa-thuan-paris-ve-bien-doi-khi-hau-tien-trinh-va-thanh-cong.html>.