Tạp chí Hóa học, T. 48 (6), Tr. 661 - 678, 2010

NĂNG LƯỢNG CHO THẾ KỶ 21

Đến Tòa soạn 15-2-2009

TRẦN MẠNH TRÍ

Trung tâm Công nghệ Hóa học và Môi trường (ECHEMTECH)

ABSTRACT

Energy is of paramount importance for a modern economy. In the last century, world energy supply was mainly based on fossil fuels - coal, oil and natural gas, provided over 80% of the energy required today. However, the high reliance on the use of fossil fuels contributes directly to polluting of the environment and increasing levels of greenhouse gases in the atmosphere. Climate change is the greatest challenge face the humanity at the start of 21st century. Morover, their limited reserves insufficient supply to meet the increasing demands for energy, it is essential to introduce alternative sources of energy: the renewable one. The most promising of these energies are wind, hydro (large and small), solar, geothermal, biomass and hydrogen energies. The renewable energy sources are essentially carbon-free and appear to be generally more suitainable than fossil fuels and could provide a major proportional the world's needs by the middle of the 21st century. The introduction of renewable energy sources in the world's energy balance can reduce CO_2 emission, cut energy cost, avoid energy crisis. In addition, the Carbon Capture and Storage (CCS) as well as the carbon Capture and Conversion (CCC) technologies, the taxation of CO_2 emission would generate strong incentives for a low-carbon transition in the 21st century. The rapid development and deployment of low-carbon technologies is vital to climate change mitigation.

In conclusion the renewable energy sources are likely to play a greatly-increased role in the future energy supplies with zero-carbon emission, there will be the ultimate change from non-renewable energy to renewable energy as an energy revolution and innovation of century.

I - MỞ ĐẦU

Năng lượng hóa thạch (than, dầu mỏ, khí thiên nhiên) là nguồn năng lượng quan trọng chủ yếu ở thế kỷ 20, bảo đảm cung cấp hầu như toàn bộ nhu cầu điện năng, nhiệt năng, nhiên liệu động cơ cho các hoạt động của con người. Tuy vậy, nguồn năng lượng hóa thạch là có hạn, là loại năng lượng chỉ có mất đi mà *không thể tái tạo lại được*, vì vậy ngày một cạn dần. Những cuộc khủng hoảng dầu mỏ những năm 70 của thế kỷ trước, sự tăng giá dầu mỏ như con ngựa bất kham xảy ra đầu năm nay, những cuộc chiến tranh, xung đột cục bộ vì dầu mỏ xảy ra triền miên ở khu vực này hay khu vực khác đã đe doạ đến an ninh năng lượng của thế giới trong quá trình phát triển. Hơn nữa, khi sử dụng năng lượng hóa thạch, sự phát thải khí CO_2 hay còn gọi *phát thải cacbon*, một loại *khí nhà kính* đã làm nhiệt độ bề mặt trái đất nóng dần lên, khí hậu hành tinh biến đổi, lũ lụt, hạn hán, bão tố, nước biển dâng, lục địa mất dần, đe dọa đến sự tồn tại của hành tinh và cuộc sống của loài người.

Những thách thức đó buộc thế giới phải nhanh chóng tìm những nguồn năng lượng mới, lấp vào "*khoảng trống năng lượng*" hoàn toàn có thể xảy ra trước nhu cầu năng lượng ngày càng gia

tăng theo cấp số nhân của một thế giới hội nhập và phát triển toàn cầu ở thế kỷ 21 trong khi nguồn cung lại bị khống chế bởi tính chất không thể tái tạo của nguồn năng lượng này. Bên cạnh đó, nếu không tìm các nguồn năng lượng mới để thay thế dầu mỏ và khí thiên nhiên, hoặc không tìm cách tiết kiệm tiêu dùng dầu mỏ và khí thiên nhiên trong lĩnh vực năng lượng để kéo dài thời gian tồn tại của dầu mỏ và khí thiên nhiên sang các thế kỷ sau, loài người sẽ rơi vào "thảm họa" không còn nguyên liệu cho ngành tổng hợp hóa học các chất hữu cơ.

Đã nhiều năm nay các nhà khoa học thế giới đầu tư nhiều công sức cho việc tìm những dạng năng lượng mới với hy vọng có thể thay thế một phần hay toàn bộ các nhiên liệu hoá thạch truyền thống, hoá giải các thách thức nói trên. Sự tìm kiếm này đã và đang đem lại nhiều thành quả quan trọng đầy triển vọng tuy thời gian thực hiện công việc này thực sự chỉ bắt đầu từ sau thời điểm xảy ra những cuộc khủng hoảng năng lượng thế giới vào những năm 70 của thế kỷ trước. Nhiều nguồn năng lượng mới trong thiên nhiên đã được xem xét, nghiên cứu, được đánh giá tính khả thi và trở thành những ứng viên quan trọng: đó là **năng lượng mặt trời, năng lượng gió, năng lượng đại dương, năng lượng địa nhiệt, năng lượng sinh khối, năng lượng hydrogen, năng lượng nước** trong đó nguồn năng lượng nước không phải mới, đã được con người khai thác ở dạng thuỷ điện từ những thế kỷ trước. Tất cả những nguồn năng lượng kể trên đều *có khả năng tái tạo* nên nguồn cung ứng là vô hạn, vả lại là các nguồn năng lượng này không chứa cacbon nên không có phát thải khí nhà kính và các khí thải ô nhiễm khác khi sử dụng nên được xem là nguồn *năng lượng xanh* và *bền vững* của loài người. Các nguồn năng lượng này đã trở thành mục tiêu chiến lược năng lượng quan trọng cho thế kỷ 21, được nhà nước đầu tư tập trung và phát triển rất nhanh, đi đầu là các các nước phát triển có nhu cầu tiêu thụ năng lượng cao, tiếp sau là những nước mới nổi lên như Trung Quốc, Ấn Độ, Brazil.

Các nguồn năng lượng mới trong thiên nhiên nói trên được tìm cách thu lại và chuyển hóa thành *các chất mang năng lượng* mới, có khả năng thay thế từng phần các nguồn năng lượng tái tạo, không chỉ ở dạng tiềm năng mà đã trở thành dạng năng lượng thực sự, đóng góp vào cân bằng năng lượng ở nhiều nước với một thị phần ngày càng có ý nghĩa, có nước đã chiếm đến trên 20% trong tổng các nguồn năng lượng. Ngoài ra, sự xuất hiện các dạng năng lượng mới bên cạnh các dạng năng lượng truyền thống đã góp phần giảm phát thải cacbon một cách đáng kể, thậm chí đã định lượng được khả năng phát thải cacbon đối với từng quốc gia có sử dụng hỗn hợp năng lượng mới và năng lượng truyền thống để quy định giới hạn cho phép mức phát thải cacbon ở từng nước trong từng giai đoạn cụ thể, từ đó buộc tăng dần tỷ lệ sử dụng các dạng năng lượng tái tạo mới.

Sự cần thiết chuyển sang nền kinh tế ít cacbon và an ninh năng lượng trong thế kỷ 21

Ngày 25/10/2007, *Chương trình môi trường của Liên Hiệp Quốc* (UNEP) đã đưa ra bản báo cáo dày 570 trang với tiêu đề "*Viễn cảnh môi trường toàn cầu - The Global Environmement Outlook GEO-4)* [1] trình bày tình trạng môi trường của hành tinh. Theo báo cáo trên, khí hậu trái đất đang thay đổi nhanh hơn bất kỳ giai đoạn nào trong 500.000 năm qua. Nhiệt độ trung bình trên trái đất đã tăng 0,74^{o}C trong thế kỷ 20 so với thời kỳ tiền công nghiệp và được dự báo sẽ tăng 1,8-4^{o}C hoặc cao hơn cho đến năm 2100. Trong khi đó, ngưỡng biến đổi khí hậu nguy hiểm khi nhiệt độ tăng thêm 2^{o}C, nếu vượt ngưỡng nhiệt độ này, những thành tựu phát triển của loài người sẽ bị hủy hoại trên quy mô toàn cầu và các thảm hoạ sinh thái không thể đảo ngược sẽ xảy ra. Để không vượt ngưỡng mức tăng nhiệt độ 2^{o}C, đòi hỏi phải duy trì nồng độ khí nhà kính ở mức khoảng 450 ppmv CO_2. Các kịch bản của thế kỷ 21 cho thấy khả năng nồng độ khí nhà kính sẽ vượt ngưỡng ổn định, đạt mức 750 ppmv CO_2 và có khả năng nhiệt độ sẽ tăng hơn 5^{o}C nếu không có những biện pháp mạnh mẽ trong việc giảm phát thải CO_2 trên quy mô toàn cầu. Báo cáo cũng nêu rõ, trái đất đã trải qua 5 cuộc tuyệt chủng lớn trong 450 triệu năm qua do các biến đổi của thiên nhiên, trong đó sự kiện xảy ra gần nhất cách đây 65 triệu năm, và rất có thể ở thế kỷ ta đang sống sẽ xảy ra cuộc tuyệt chủng quy mô lớn

lần thứ 6, nhưng khác với những lần trước chính là do hành vi vô trách nhiệm của con người gây ra khi sử dụng năng lượng.

Cách đây 5 năm, thế giới vẫn còn tranh luận liệu biến đổi khí hậu trên thực tế có xảy ra hay không và nếu có xảy ra liệu có phải do con người gây ra hay không. Đến nay, cuộc tranh luận này gần như đã ngã ngũ, ý kiến cho rằng nhiệt độ bề mặt trái đất nóng lên hay lạnh đi là hiện tượng tự nhiên đã xảy ra có tính chu kỳ trong lịch sử hình thành và phát triển của trái đất ít được thuyết phục và tán đồng, trong khi đó ý kiến cho rằng biến đổi khí hậu là có thật và do con người gây ra đã được chứng minh và được sự đồng thuận rộng rãi trong giới khoa học. Do đó, vấn đề đã trở nên cấp bách hơn bao giờ hết, và bây giờ chứ không phải lúc nào khác, chính là thời điểm mà loài người phải hành động ngay để bảo vệ sự tồn tại của chính chúng ta và của các thế hệ mai sau nữa. GEO-4 đã đưa ra lời cảnh báo: "*Hãy cứu lấy hành tinh, bây giờ hoặc không bao giờ!*"

Để có thể tránh thảm họa do biến đổi khí hậu, theo tính toán trên mô hình mô phỏng khí hậu, phải bảo đảm lượng phát thải cacbon từ nguồn năng lượng hóa thạch tối đa là 14,5 GT CO_2 mỗi năm, trong khi đó, lượng phát thải cacbon hiện nay đã là 21,9 GT/năm và xu thế hiện nay vẫn trên đà gia tăng. Hậu quả là ngân quỹ cacbon dioxide (hay gọi tắt *ngân quỹ cacbon*) cho toàn bộ thế kỷ 21 có thể sẽ cạn kiệt vào năm 2032. Như vậy, lượng khí nhà kính phát thải từ nay đến năm 2050 phải giảm đi 50% so với năm 1990 và phải tiếp tục giảm cho đến cuối thế kỷ 21 mới tránh được nhiệt độ bề mặt trái đất vượt ngưỡng 2°C.

Vì vậy, các quốc gia trên thế giới phải cân bằng lại lượng khí nhà kính trong môi trường ở mức độ có thể ngăn chặn những tác động nguy hiểm cho sự tồn tại và phát triển của con người. **Nghị định thư Kyoto** được ký kết tại *Kyoto* (Nhật Bản) ngày 11/12/1997, có hiệu lực chính thức từ 16/2/2005 sau khi được nguyên thủ 165 quốc gia phê chuẩn (chiếm khoảng 60% các nước liên quan đến vấn đề khí thải nhà kính) đã nhất trí một chương trình cắt giảm khí nhà kính bình quân ở những nước này phải đạt mục tiêu lượng khí nhà kính phát thải hàng năm trong khoảng thời gian từ 2008-2012 ở mức 5,2% so với lượng phát thải năm 1990, chính là với hy vọng sẽ góp phần làm chậm lại sự biến đổi khí hậu toàn cầu quá nhanh như hiện nay. Việc cắt giảm lượng phát thải cacbon từ nguồn nguyên liệu hóa thạch đòi hỏi hoặc phải cắt giảm mức tiêu thụ so với hiện nay nếu sử dụng các công nghệ cũ, hoặc phải thay đổi công nghệ mới để giảm phát thải cacbon, tức *công nghệ cacbon thấp* nếu muốn sử dụng nguồn năng lượng hóa thạch với mức tiêu thụ cao hơn, đặc biệt nguồn năng lượng từ than.

Trong số các dạng năng lượng hóa thạch, dầu mỏ và khí thiên nhiên có thể sớm cạn dần, trong khi đó than là dạng tài nguyên hoá thạch còn phong phú nhất, theo dự báo vẫn còn có thể thoả mãn nhu cầu tiêu thụ của con người cho đến hết thế kỷ này hoặc lâu hơn. Vì vậy, sau những năm giữa hoặc cuối thế kỷ 21, than sẽ dần dần chiếm địa vị chủ chốt trong sản xuất và cung ứng năng lượng, trong khi đó dầu mỏ và khí thiên nhiên sẽ rơi xuống hàng thứ yếu, nhường chỗ cho các dạng năng lượng mới, đó là năng lượng tái tạo. Việc phải giảm tỷ lệ phần dầu mỏ và khí thiên nhiên trong lĩnh vực năng lượng ở thế kỷ này không phải chỉ vì lo sợ cạn kiệt nguồn dầu mỏ và khí thiên nhiên xảy ra nhanh mà còn vì một lý do rất quan trọng khác. Đó là vì *dầu mỏ và khí thiên nhiên không chỉ là năng lượng mà còn là nguyên liệu quý giá cho ngành tổng hợp hóa học hữu cơ để sản xuất các sản phẩm hữu cơ cho nhu cầu của đời sống và sản xuất bằng những công nghệ đã thuần thục và ngày càng hoàn thiện.* Do đó, ngay trong thế kỷ 21, mặc dù có thể còn dầu mỏ và khí thiên nhiên với một trữ lượng nhất định nhưng phải hạn chế sử dụng dầu mỏ và khí thiên nhiên theo hướng làm nhiên liệu và năng lượng, tăng cường đưa nhiên liệu tái tạo vào thay thế nhằm dành phần ưu tiên dầu mỏ và khí thiên nhiên cho công nghiệp tổng hợp hóa học hữu cơ. Cho đến khi phần năng lượng tái tạo đảm đương được phần quan trọng trong nhu cầu năng lượng, sẽ *sớm chấm dứt một cách chủ động vai trò dầu mỏ và khí thiên nhiên trong việc cung ứng năng lượng.* Bấy giờ phần tài nguyên dầu mỏ và khí thiên nhiên sẽ đảm đương giữ vai trò chủ yếu trong việc cung ứng nguyên liệu chứa

cacbon cho công nghiệp tổng hợp hóa học hữu cơ không phải chỉ cho thế kỷ này mà còn kéo dài cho nhiều thế kỷ sau. Dầu mỏ và khí thiên nhiên với tư cách là nguyên liệu hóa học bấy giờ không còn là thủ phạm của việc phát thải cacbon làm biến đổi khí hậu toàn cầu vì cacbon đã nằm ngay trong sản phẩm của ngành tổng hợp hữu cơ.

Tuy nhiên, việc thay thế dần nguồn năng lượng hoá thạch nói trên bằng nguồn năng lượng tái tạo chưa thể xảy ra một cách nhanh chóng theo ý muốn, do đó những vấn đề thách thức về phát thải cacbon gây biến đổi khí hậu toàn cầu do sử dụng năng lượng hóa thạch là chủ yếu, vẫn còn là mối đe doạ sự phát triển bền vững của xã hội loài người. Vì vậy, việc sử dụng năng lượng ở thế kỷ 21 phải hướng đến *xây dựng một nền kinh tế ít cacbon và an ninh năng lượng* trên cơ sở một hỗn hợp hai nguồn năng lượng: nguồn năng lượng truyền thống - *năng lượng hóa thạch* và nguồn năng lượng mới - *năng lượng tái tạo,* đi kèm với những giải pháp công nghệ và chính sách mới của từng quốc gia.

Các giải pháp chuyển dần sang nền kinh tế ít cacbon trong thế kỷ 21

Sử dụng hỗn hợp năng lượng tái tạo và không tái tạo – vừa giảm phát thải cacbon, vừa bảo đảm an ninh năng lượng

Giảm phát thải cacbon và **bảo đảm an ninh năng lượng** là hai mục tiêu nhắm đến trong thế kỷ 21 trong lĩnh vực sản xuất và tiêu thụ năng lượng. Thực tế trong nhiều thập kỷ qua đã cho thấy hai mục tiêu trên chỉ có thể đạt được bằng giải pháp sản xuất và tiêu thụ hỗn hợp hai nguồn năng lượng - tái tạo và không tái tạo một cách hợp lý vì mỗi nguồn năng lượng đều có những ưu điểm, nhược điểm nhất định, chúng có thể giúp nhau khắc phục những thách thức, tìm ra lời giải tối ưu cho bài toán năng lượng của thế kỷ.

(1) Tăng dần tỷ lệ năng lượng tái tạo trong cung cấp điện năng và nhiệt năng

Trong hỗn hợp năng lượng hiện nay phần ưu thế nghiêng hẳn về năng lượng hóa thạch để sản xuất và cung ứng điện năng và nhiệt năng (để sưởi ấm cho nhu cầu dân cư xứ lạnh) do giá thành rẻ. Thay đổi hỗn hợp này theo hướng tăng dần tỷ lệ năng lượng tái tạo không phát thải cacbon sẽ có thể đem lại sự cắt giảm lớn trong phát thải cacbon.

Các nguồn năng lượng tái tạo để sản xuất điện năng và nhiệt năng cho thấy đang góp phần ngày càng quan trọng trong sự thay đổi tỷ lệ của hỗn hợp năng lượng, có nghĩa đang chuyển biến dần sang hướng có lợi cho việc cắt giảm phát thải cacbon, đồng thời với việc giảm dần sự lệ thuộc vào nguồn năng lượng hóa thạch, đã giúp cho bình ổn tình hình căng thẳng về năng lượng của nhiều nền kinh tế thế giới, đặc biệt sau các cuộc khủng hoảng năng lượng và tăng giá dầu mỏ vừa qua. Tuy nhiên, tiềm năng các dạng năng lượng mặt trời, gió, thủy triều, địa nhiệt hiện cơ bản vẫn chưa được khai thác hết, chỉ chiếm khoảng 3% sản lượng điện thế giới, ngoại trừ nguồn năng lượng nước dựa vào thủy điện đã có truyền thống phát triển, có vai trò đáng kể trong lĩnh vực năng lượng điện, chiếm khoảng 7-10% sản lượng điện toàn thế giới hiện nay. Rất nhiều nước trên thế giới, đặc biệt những nước phát triển có nhu cầu tiêu thụ điện năng và sưởi ấm cao như Mỹ, các nước Liên minh châu Âu, Canada, Nhật Bản, ... đều đặt mục tiêu đến năm 2020 sẽ nâng tỷ lệ năng lượng tái tạo (điện mặt trời, điện gió, điện địa nhiệt, điện thủy triều) lên 20% trong cân bằng điện năng của mình.

Trước mắt, mục tiêu đến năm 2010 [2] của các nước Liên minh Châu Âu EU-25 tỷ lệ điện năng từ năng lượng tái tạo sẽ chiếm 12% trong tổng điện năng từ các nguồn (trong đó, Pháp 7%, Tây Ban Nha 12,1%, Đức 4%, Ba Lan 7,5%, Lithuania 12%, Czech 6%, Latvia 6%). Ở một số nước khác ngoài EU-25, mục tiêu đến năm 2010 tỷ lệ điện năng từ năng lượng tái tạo như Trung Quốc sẽ chiếm 10%, Nhật Bản 1,35% (chưa kể điện địa nhiệt), Hàn Quốc 7% (bao gồm cả thủy điện lớn), Singapore 35 MWth (khoảng 50.000 m^2 panel thu nhiệt mặt trời), Malaysia 5%, Thái Lan 8%, ấn độ

10%, Philippines 4,7 GW, Australia 9,5 TWh/năm, Na Uy 7 TWh/năm, Thụy Sĩ 3,5 TWh/năm, Mỹ 5-30% (ở 18 bang).

Hiện nay, điện năng từ các nguồn năng lượng tái tạo kể trên vẫn chưa cạnh tranh nổi về giá thành với điện năng từ nguồn năng lượng hóa thạch ngoại trừ thủy điện và điện từ gió. Nguyên nhân vì công nghệ và thiết bị thu - chuyển hóa năng lượng tái tạo thành điện năng còn chưa ở mức cho phép sản xuất điện năng với giá thành hạ.

Tuy nhiên, việc đánh *thuế phát thải cacbon* như dự kiến từ 10-20 USD/tấn CO_2 vào năm 2010 sẽ tăng dần lên mỗi năm thêm 5-10 USD/tấn CO_2 cho đến khi đạt được 60-100 USD/tấn CO_2 [3] sẽ tạo ra một sự thay đổi căn bản trong cơ cấu khuyến khích đầu tư vào các nguồn năng lượng, vì bấy giờ lợi thế về giá thành năng lượng điện sản xuất từ than do không tính đến phần thuế phát thải cacbon sẽ bị xoá bỏ, sự cạnh tranh về giá thành điện năng sản xuất giữa hai nguồn năng lượng sẽ không còn căng thẳng nữa.

Nhờ chính sách đánh thuế vào phát thải cacbon như trên, đầu tư vào các nguồn năng lượng tái tạo đang được tăng nhanh trên thế giới. Trong vòng 2 năm, từ 2004 đến 2006 đã tăng từ 27 tỷ USD lên 71 tỷ USD đầu tư vào phát triển các nguồn năng lượng tái tạo. Năm 2007, mức đầu tư tăng lên 85 tỷ USD. Xu hướng chuyển dịch đầu tư trên đây theo hướng năng lượng tái tạo phản ánh mối quan tâm hiện nay trên thế giới về biến đổi khí hậu và an ninh năng lượng. Năng lượng tái tạo vốn là một lĩnh vực có truyền thống tại châu Âu và Mỹ nhưng hiện nay đang có một sự thay đổi toàn cầu, đang được quan tâm đặc biệt ở các nước đang phát triển như Brasil, Trung Quốc, Ấn Độ và những khu vực còn lại trên thế giới.

Trong các dạng năng lượng tái tạo, bên cạnh năng lượng nước (thủy điện), năng lượng gió và năng lượng sinh khối được xem như đã hoàn thiện và chín mùi về công nghệ, giá thành sản phẩm năng lượng đã cạnh tranh được với năng lượng truyền thống, nên vốn đầu tư chủ yếu tập trung vào hệ thiết bị thu và chuyển hóa năng lượng, tức đầu tư vào tài sản là chính. Trong khí đó, năng lượng mặt trời và các dạng năng lượng tái tạo còn lại chủ yếu được tập trung thu hút đầu tư vào nghiên cứu công nghệ R&D song song với thu hút đầu tư vào nghiên cứu hệ thiết bị thu - chuyển đổi năng lượng có hiệu suất chuyển đổi năng lượng cao, giá thành thiết bị rẻ với mục tiêu hạ giá thành sản phẩm năng lượng thu được.

Vai trò của Nhà nước trong việc phát triển nguồn năng lượng tái tạo nhằm thay thế dần nguồn năng lượng hóa thạch có tính chất quyết định. Hiện nay, nhiều nước đã có hàng loạt chính sách hỗ trợ để kích thích đầu tư thông qua việc tạo dựng thị trường ổn định cho năng lượng tái tạo. Những biện pháp về quản lý của nhà nước cũng là một công cụ tạo ra động cơ khuyến khích đầu tư vào năng lượng tái tạo, như xây dựng tiêu chuẩn về các loại năng lượng tái tạo; đòi hỏi một tỷ lệ lượng điện bán ra phải là từ nguồn năng lượng tái tạo; đặt ra mức thuế ưu đãi trong nhiều năm về sản xuất và cung ứng năng lượng điện tái tạo; trợ cấp cho những nhà sản xuất và cung cấp điện tái tạo (như ở Đức, đã trợ cấp cho nhà cung cấp điện mặt trời 0,45 €/kWh điện, tức gấp 8 lần giá điện từ than). Chính phủ nhiều nước đã can thiệp trực tiếp vào thị trường năng lượng, ban hành luật về thuế hoà mạng đối với điện từ năng lượng tái tạo đưa vào mạng lưới điện quốc gia, cho phép bất kỳ công ty hay cá nhân nào đáp ứng các yêu cầu về chất lượng và kỹ thuật đều có thể bán điện vào mạng lưới điện, buộc nguồn điện quốc gia phải tiếp nhận điện từ sức gió, từ năng lượng mặt trời và từ các nguồn tái tạo khác. Giá điện năng lượng tái tạo được quy định cứng trong vòng nhiều năm, cao hơn gía điện truyền thống nhằm tạo một thị trường năng lượng tái tạo ổn định. Chính phủ nhiều nước cũng đã có chiến lược rõ ràng để tạo lập một thị trường tái tạo trong và ngoài nước ổn định bằng cách dự báo phát triển và tiềm năng nguồn năng lượng tái tạo ở nước mình, kích thích, khuyến khích đổi mới công nghệ và thiết bị thu - chuyển hóa năng lượng, tạo áp lực cạnh tranh để làm động lực phấn đấu đạt hiệu suất chuyển hóa năng lượng và lợi ích kinh tế cao hơn.

Nhờ những biện pháp trên đây, hiện nay, giá thành năng lượng điện từ sức gió đã giảm nhanh chóng, cạnh tranh hoàn toàn ngang ngửa với điện từ nguồn năng lượng hóa thạch ngay cả trong điều kiện chưa tính đến thuế phát thải cacbon. Nếu tính đến thuế phát thải cacbon áp đặt cho điện từ năng lượng hóa thạch, chắc chắn giá thành năng lượng điện từ sức gió sẽ còn thấp hơn nhiều. ở Tây Ban Nha năng lượng điện từ sức gió đã đáp ứng được khoảng 8% nhu cầu điện trong nước và nhờ đó, chỉ tính riêng trong năm 2005, Tây Ban Nha đã ngăn không phát thải đến 19 triệu tấn CO_2. ở Đan Mạch, một điển hình thành công về năng lượng gió, trong vòng 20 năm đã nâng tỷ lệ điện năng từ sức gió từ 3% lên đến trên 20% trong cân bằng điện cả nước như hiện nay.

(2) Tăng dần tỷ lệ nhiên liệu sinh học thế hệ thứ hai và thứ ba trong giao thông, vận tải

Về năng lượng sinh khối, *nhiên liệu sinh học thế hệ thứ nhất* được sản xuất từ ngũ cốc (ngô, khoai, sắn), mía đường đang trong tầm ngắm của nhiều ý kiến phản bác vì đe doạ đến an ninh lương thực và đất đai, vật tư nông nghiệp (phân bón, hóa chất bảo vệ thực vật, nước tưới tiêu...) dành cho sản xuất hàng hóa nông nghiệp, kể cả trên diễn đàn Liên Hiệp Quốc cũng có những ý kiến phát biểu gay gắt cho đó là "tội ác chống lại loài người" mặc dù nhiên liệu sinh học thế hệ thứ nhất đã mang lại những tác dụng đáng kể về giảm thiểu phát thải cacbon và tiết giảm được một phần nhiên liệu từ dầu khí.

Kết quả thấy rõ nhất là chương trình bio-etanol của Brazil và Mỹ. Từ những năm 1970, ở Brazil đã có chương trình sử dụng bio-etanol từ mía đường vào giao thông vận tải. Đến nay ở Brazil, ethanol từ mía đã thay thế được 1/3 xăng trong giao thông vận tải, biodiesel từ dầu thực vật đã thay thế được 5% dầu diesel dầu mỏ. ở Mỹ có chương trình mục tiêu được gọi là "*20 trong 10*" *(twenty in ten),* nghĩa là trong 10 năm tới (2007-2017), sẽ giảm mức sử dụng xăng dầu 20%, trong đó bao gồm 5% (tức 8,5 tỷ gallons) xăng dầu do chính sách tiết giảm sử dụng và 15% (tức 35 tỷ gallons) được thay thế bằng hỗ trợ của bio-etanol pha vào xăng. Cuộc họp thượng đỉnh các quốc gia năm 2004 tại *Bonn* (CHLB Đức) đã cùng nhau thống nhất một chương trình mục tiêu, đến năm 2020 phải thay thế được 10-20% lượng dầu tiêu thụ bằng các dạng năng lượng mới để kéo dài thời gian sử dụng dầu mỏ và giảm phát thải CO_2.

Sử dụng nhiên liệu sinh học cũng góp phần giảm phát thải cacbon so với nhiên liệu hóa thạch vì thực vật có khả năng hấp thu CO_2 trong khí quyển thực hiện quá trình quang hợp để tạo ra chất hữu cơ chứa cacbon tái tạo lại cho ta sử dụng. Tuy nhiên, tùy theo nguồn gốc nhiên liệu sinh học, khả năng phát thải sẽ khác nhau vì tốc độ tái tạo và hiệu suất quá trình quang hợp không giống nhau. Lượng phát thải cacbon của bio-etanol từ mía trung bình khoảng 30% so với xăng từ dầu mỏ, trong khi bio-ethanol từ ngô trung bình khoảng 90% so với xăng. Lượng phát thải cacbon của dầu diesel sinh học (biodiesel) từ dầu thực vật bằng khoảng 55% lượng phát thải CO_2 của dầu diesel dầu mỏ. Chương trình nhiên liệu sinh học ở Brazil đã cho thấy tác dụng không những giảm tương ứng lượng xăng dầu nhập khẩu tương ứng với phần nhiên liệu thay thế mà còn giảm được lượng phát thải CO_2 khá lớn, khoảng 25,8 triệu tấn CO_2 mỗi năm.

Tuy nhiên, về nhiên liệu sinh học hiện có hai xu hướng đáng lưu ý: (i) đi vào sản xuất và sử dụng bio-butanol thay cho bio-etanol vì bio-butanol có nhiều lợi thế hơn bio-ethanol trong sản xuất và sử dụng, không cần làm khan 99,9%*;* (ii) chuyển hướng sản xuất và sử dụng nhiên liệu sinh học thế hệ thứ nhất được sản xuất từ ngũ cốc (ngô, khoai, sắn), mía đường sang sản xuất và sử dụng *nhiên liệu sinh học thế hệ thứ hai* được sản xuất từ phế thải lỏng hoặc rắn trong sinh hoạt và sản xuất nông nghiệp và *nhiên liệu sinh học thế hệ thứ ba* được sản xuất từ các loại cây hoang dại, không phải cây lương thực như cây *Jatropha curcas* sinh trưởng trên vùng đất cằn cỗi, đồi núi khô hạn, cây *halophyte* sinh trưởng trong vùng đất ngập mặn, cỏ *swichgrass* mọc hoang dại, không cần phân bón, chăm sóc, hoặc *tảo* sinh trưởng trong đầm hồ, trong các vịnh ngoài biển. Trong ba thế hệ nhiên liệu sinh học nói trên, nhiên liệu sinh học thế hệ thứ ba đang được đặc biệt quan tâm vì giải pháp này cho phép phát triển bền vững, không động chạm đến vấn đề nhạy cảm an ninh lương thực của loài

người. Việc tăng dần tỷ lệ nhiên liệu sinh học thế hệ thứ hai và thứ ba trong giao thông vận tải góp phần quan trọng trong giảm phát thải cacbon mà không bị một lực cản nào hạn chế như đang xảy ra hiện nay đối với nhiên liệu sinh học thế hệ thứ nhất.

Chuyển hẳn sang công nghệ than sạch (clean coal technology): "chìa khoá" của thắng lợi trong cuộc chiến giảm phát thải cacbon trong thế kỷ 21

Than là nguồn năng lượng hóa thạch có tiềm năng rất lớn, trữ lượng xác minh của nguồn năng lượng này đến 566 Gtoe, [4] trong khi mức sử dụng hàng năm chỉ có 2,26 Gtoe. Vì vậy *thời gian có thể sử dụng nguồn tài nguyên này phải còn đến trên 250 năm!* [5] Trong khi nguồn tài nguyên dầu khí có thể sớm cạn kiệt vào cuối thế kỷ này cũng như nguồn tài nguyên dầu khí phải tiết giảm sử dụng, tiến tới ngưng hẳn để dành làm nguyên liệu cho ngành tổng hợp hóa học hữu cơ, nguồn tài nguyên than sẽ là tài nguyên hoá thạch trụ cột thay thế cho dầu khí, do vậy nhiều quốc gia đã đưa ra các kế hoạch sử dụng than như một nguồn năng lượng chính của thế kỷ 21, đảm nhận vừa cung cấp nhu cầu năng lượng cho sản xuất điện năng và nhiệt năng, vừa cung cấp nhu cầu nhiên liệu thay thế cho nhiên liệu từ dầu khí.

Do đó, để có thể sử dụng than làm nguồn năng lượng chính trong thế kỷ 21, đòi hỏi nhất thiết phải thay thế công nghệ sử dụng than truyền thống (được xem là công nghệ than bẩn) bằng công nghệ than sạch, với tổng phát thải cacbon bằng 0. **Có thể nói, sử dụng than bằng công nghệ than sạch mang tính chất quyết định trong việc chuyển sang nền kinh tế ít cacbon trong thế kỷ 21 được thành công hay không**.

(1) Thu và chôn giữ CO_2 (Cacbon Capture and Sequestration - CCS) các nguồn phát thải cacbon để có mức phát thải CO_2 bằng 0

Công nghệ than sạch (clean coal technology) [6] không phải là công nghệ sử dụng than đã được rửa sạch mà thực chất là công nghệ sử dụng than không có phát thải cacbon, tức phát thải CO_2 bằng 0. Công nghệ than sạch đối nghịch với *công nghệ than bẩn* (dirty coal technology) hiện nay do phát thải rất nhiều khí CO_2 ở các nhà máy điện chạy bằng than, là nguyên nhân của biến đổi khí hậu.

Bản chất của công nghệ CCS là khí CO_2 tạo ra khi đốt than trực tiếp sẽ tách ra, thu lại, nén ép, chuyển chúng sang dạng CO_2 khí nén cao áp hoặc dạng CO_2 hoá lỏng và chôn giữ trong lòng đất, dưới đáy biển. Các dạng CO_2 đã được chuyển hóa này sẽ được vận chuyển bằng tàu hoặc trong ống dẫn để cất giữ chúng dưới đáy biển sâu, hoặc bơm ép xuống các vỉa dầu khí đã khai thác gần hết tận dụng lấy thêm dầu khí, hoặc chôn giữ vào những vỉa dầu khí đã ngưng hoạt động, hoặc bơm ép xuống các vỉa than không thể khai thác bằng nổ mìn vì chứa nhiều khí metan để khai thác than ở các mỏ này. Công nghệ ép vỉa bằng CO_2 để tận thu dầu đã được ứng dụng trong thực tế như ở Mỹ, Argentina, Trinidad, Canada, Biển Bắc. Gần đây, ngày 2/4/2008, úc công bố đã bắt đầu thực hiện công nghệ CCS đầu tiên của mình, tiến hành thu gom khoảng 110.000 tấn khí CO_2 thải ra từ các nhà máy điện và nén xuống một mỏ khí thiên nhiên đã khai thác cạn để chôn giữ ở độ sâu trên 2000m tại bang *Victoria*, gần thị trấn *Warrnambool*.

(2) Thu và chuyển hóa CO_2 (Cacbon Capture and Conversion - CCC) các nguồn phát thải cacbon để có mức phát thải CO_2 bằng 0

Giải pháp CCS nói trên ở một chừng mực nào đó mang tính chất đối phó bị động, thiếu bền vững, tốn kém nhiều, tối thiểu khoảng 80-100 $US/tấn CO_2 (chưa tính khoảng cách giữa nguồn phát thải CO_2 và địa điểm chôn cất quá xa khó có thể thực hiện được). Hơn nữa sự an toàn của các giải pháp nói trên không phải là tuyệt đối, CO_2 có thể bị rò rỉ thoát ra những nơi chôn cất do các biến động địa chất, đứt gãy các địa tầng, hoặc do hoạt động núi lửa. Bằng chứng là thảm hoạ gây tử vong

vì ngạt thở CO_2 cho 1.700 dân cư và động vật ở Cameroon (Tây Phi) năm 1986 khi núi lửa dưới hồ Nyos bất ngờ hoạt động kéo theo cho một khối lượng lớn CO_2 bão hòa trong nước hồ thoát ra.

Gần đây đã xuất hiện một hướng rất mới [7], xem CO_2 như một nguyên liệu hóa học chứa cacbon, cần thu lại để chuyển hóa hóa học từ CO_2 nhờ các chất xúc tác đặc hiệu thành các sản phẩm có lợi như *các hóa chất hữu cơ* hoặc *các loại nhiên liệu thay thế nguyên liệu dầu khí*, không xem CO_2 như một chất thải, một "thủ phạm môi trường" có hại đối với khí hậu trái đất, nên không nhất thiết phải thu lại để chôn dấu sâu dưới lòng đất vĩnh viễn vừa tốn kém, vừa thiếu an toàn. Nguồn CO_2 do hoạt động con người thải ra và nguồn CO_2 trong khí quyển trái đất sẽ là nguồn nguyên liệu vô tận cho sản xuất các sản phẩm hữu cơ chứa cacbon và các loại nhiên liệu, cho phép thay thế dầu khí đang gần cạn kiệt. Vì vậy, để xây dựng nền kinh tế ít cacbon, góp phần thành công trong cuộc chiến chống biến đổi khí hâu cho tương lai, thay vì nghiên cứu ***thu và chôn cất CO_2 (Cacbon Capture and Sequestration - CCS)***, hiện nay thế giới đang chuyển mạnh sang hướng nghiên cứu **thu và chuyển hóa CO_2 (Cacbon Capture and Conversion - CCC).**

Rất nhiều hội nghị, hội thảo khoa học chuyên đề về chuyển hóa và sử dụng CO_2 liên tiếp được tổ chức trên thế giới, trong từng khu vực hoặc trong từng nước. Chỉ đơn cử *Hội nghị Quốc tế về sử dụng cacbon dioxide (International Conference on Cacbon Dioxide Utilisation* - ICCDU) tổ chức năm 1991 tại *Nagoya* (Nhật Bản), do tầm quan trọng của vấn đề, hội nghị đã quyết định tiếp tục cứ hai năm một lần tổ chức ICCDU để trao đổi những hướng nghiên cứu mới nhất và thông báo những thành tựu khoa học đạt được trong lĩnh vực này ở các nước và ICCDU tại *Nagoya* được xem là ICCDU-1. Các Hội nghị tiếp sau ICCDU-2 (1993) đã được tổ chức tại *Bari* (Italy), ICCDU-3 (1995) tại *Oklahoma* (Hoa Kỳ), ICCDU-4 (1997) tại *Kyoto* (Nhật Bản), ICCDU-5 (1999) tại *Karlsruhe* (Đức), ICCDU-6 (2001) tại *Breckenridge* (Hoa Kỳ), ICCDU-7 (2003) tại *Seoul* (Hàn Quốc), ICCDU-8 (2005) tại *Oslo* (Thụy Điển), ICCDU-9 (2007) tại *Kingston* (Canada), gần đây nhất, ICCDU-10 (tháng 5-2009) tại *Thiên Tân* (Trung Quốc). Qua các kỳ ICCDU đã xuất hiện nhiều hướng nghiên cứu mới, rõ nhất là theo hướng tìm cách sử dụng nguồn CO_2 trực tiếp từ các khói lò công nghiệp không qua phân ly riêng, không cần làm sạch dưới dạng CO_2 tinh khiết và để thực hiện được điều đó phải tìm kiếm những chất xúc tác mới để thực hiện quá trình chuyển hóa CO_2 không tinh sạch trong điều kiện mềm về nhiệt độ, áp suất thành các sản phẩm có ích như sản phẩm năng lượng và sản phẩm hóa học hữu cơ khác nhau (metanol, hợp chất cacbonat vòng, axit formic,...)

(3) Áp dụng công nghệ than sạch trong sản xuất điện năng ở các nhà máy điện theo công nghệ truyền thống

Than ở thế kỷ 20 đã được sử dụng như nguồn năng lượng chính để sản xuất điện trên toàn thế giới nhưng đều thuộc về công nghệ than bẩn. Hiện có khoảng 1.200 GW công suất điện đốt than trên toàn thế giới, chiếm khoảng 40% tổng lượng điện phát ra, kèm theo là 40% lượng phát thải CO_2 của thế giới. Khi giá dầu tăng lên như hiện nay, tỷ trọng than trong sản xuất năng lượng trên thế giới đã tăng mạnh. Theo *Báo cáo Phát triển Con người 2007/2008*,[8] các nước Trung Quốc, Ấn Độ và Mỹ đã gia tăng đặc biệt công suất phát điện chạy bằng than trong thời gian này và những năm sắp tới. Năm 2006, ước tính mỗi tuần ở Trung Quốc xây thêm 2 nhà máy điện đốt than mới. Mỹ có đề án xây dựng trên 150 nhà máy điện đốt than cho tới năm 2030 với mức đầu tư 145.000 tỷ USD, trong khi đó, ấn Độ cũng có kế hoạch tăng hơn 75% công suất phát điện bằng than trong vòng 10 năm tới.

Điều đáng quan tâm là các nhà máy điện chạy bằng than là nguồn phát thải CO_2 rất lớn, so với nhà máy điện chạy bằng xăng dầu. Một nhà máy điện chạy bằng than tiêu biểu hàng năm có thể thải ra 3.700.000 tấn CO_2, vì vậy cùng với việc tăng tỷ trọng sử dụng than trong các nguồn năng lượng, sự gia tăng phát thải CO_2 là không tránh khỏi và nếu không thực hiện tốt biện pháp thu và cất giữ CO_2, điều này dẫn đến nguy cơ thế giới sẽ vượt quá ngưỡng an toàn về nồng độ CO_2 trong khí

quyển. Vì vậy, để các nhà máy điện chạy bằng than nói trên có thể tồn tại trong thế kỷ 21, buộc phải lắp đặt thêm công nghệ CCS hoặc CCC để đạt mức phát thải cacbon bằng 0, nếu không phải đóng cửa hoặc phải đóng thuế phát thải cacbon rất cao đến mức không chịu nổi về giá thành điện năng.

(4) Áp dụng công nghệ than sạch trong sản xuất điện năng theo công nghệ mới: Công nghệ Chu trình liên hoàn khí hóa tích hợp (Integrated Gasifier Combined Cycle - IGCC)

Sản xuất điện năng theo công nghệ truyền thống (tức công nghệ cũ) có hiệu suất chuyển hóa năng lượng thấp và phát thải nhiều CO_2, nhiều khí độc hại từ trong thành phần của than.

Để nâng cao hiệu suất chuyển hóa năng lượng và không phát thải cacbon phù hợp với đòi hỏi của thế kỷ 21, ngày nay thế giới đang chuyển hướng dần sang công nghệ mới: công nghệ sản xuất điện tích hợp với sản xuất các nguồn năng lượng khác bằng công nghệ than sạch. Đó là công nghệ sản xuất theo *chu trình khí hóa tích hợp IGCC* (Integrated Gasifier Combined Cycle). Trong công nghệ IGCC, than không sử dụng đốt trực tiếp trong các lò hơi để sản xuất điện như hiện nay, mà trước tiên được tiến hành *khí hoá* trong lò khí hóa (gasifier) tầng chặt hoặc tầng sôi bằng oxygen (hoặc không khí) và hơi nước để tạo ra nhiên liệu khí có thành phần chủ yếu chiếm trên 85% là hydrogen (H_2) và cacbon monoxide (CO), được gọi là *khí tổng hợp* hay *syngas*, những thành phần còn lại như nitrogen oxide (NO_x), lưu huỳnh oxide (SO_x) sẽ được loại bỏ hoàn toàn trong các thiết bị làm sạch tiếp sau. Khí *syngas* đã sạch này được sử dụng như khí thiên nhiên cung cấp cho các nhà máy sản xuất điện theo chu trình phát điện hỗn hợp bao gồm phát điện bằng tuốc bin khí (gas turbine) và tiếp sau, lợi dụng nhiệt thừa sau tuốc bin khí sản xuất hơi nước để phát điện bằng tuốc-bin hơi (steam turbine). Phần hơi nước còn lại cho trở về lò khí hoá, cung cấp hơi nước cho phản ứng khí hóa. Phần không khí từ sau tuốc-bin gas sau khi phân chia, tách oxi cũng được cho trở về lò khí hóa để cung cấp oxi cho phản ứng khí hóa.

Các nhà máy IGCC có kèm theo sử dụng công nghệ CCS hoặc CCC là phương án có chi phí thấp hơn so với áp dụng công nghệ CCS hoặc CCC lắp đặt vào các nhà máy điện đốt than hiện nay. Việc áp dụng công nghệ CCS hoặc CCC tất nhiên sẽ tăng thêm chi phí cho các nhà máy điện đốt than lên đến 35-60%, giá thành điện sẽ tăng lên. Theo tính toán của *Cơ quan Năng lượng Thế giới* (IEA), giá thành điện theo công nghệ IGCC là 1,371 USD/kW, nếu lắp thêm công nghệ CCS, giá điện tăng lên 1,860 USD/kW, nhưng đổi lại sẽ đạt mức độ phát thải cacbon bằng 0, lại không bị đánh thuế phát thải cacbon cũng như không có phát thải NO_x, SO_x.

Hiện tại, công nghệ CCS hoặc CCC chưa được áp dụng rộng rãi ở các nhà máy sản xuất điện năng theo phương pháp cũ hoặc phương pháp mới IGCC vì còn quá đắt đỏ, song trong tương lai, khi thế giới áp đặt mức thuế phát thải cacbon lên 60-100 USD/tấn CO_2 cho các nhà máy điện đốt than, việc áp dụng công nghệ CCS hoặc CCC sẽ trở nên bắt buộc vì không còn con đường nào khác. Đây sẽ là cơ hội chuyển đổi toàn bộ công nghệ đốt than với phát thải cacbon cao sang công nghệ mới với phát thải cacbon thấp hoặc công nghệ phát thải cacbon bằng 0 đồng thời không có phát thải NO_x, SO_x. Hệ thống CCS hoặc CCC còn có thể áp dụng để ghép nối với các lò hơi, lò nung xi măng, lò nung vật liệu xây dựng sử dụng nhiên liệu là khí thiên nhiên hoặc dầu DO, FO hiện nay nhằm đáp ứng chương trình giảm phát thải cacbon chống biến đổi khí hậu toàn cầu cho thế kỷ 21.

Công nghệ IGCC cho phép sử dụng than sản xuất điện với hiệu quả chuyển hóa năng lượng nhiệt rất cao, mức phát thải CO_2 thấp, mức phát thải NO_x, SO_x bằng 0 so với sử dụng than trong sản xuất điện hiện nay.

Công nghệ này còn được áp dụng để sử dụng những nguồn năng lượng khác có phát thải ô nhiễm cao như cặn dầu FO nhiều lưu huỳnh, cặn coke của dầu mỏ,... Từ năm 1990 đến nay Liên minh châu Âu (EU) và Mỹ đã xây dựng 5 nhà máy trình diễn công nghệ IGCC, những nhà máy này

chứng minh đã đạt mức hiệu suất chuyển hóa nhiệt cao với mức phát thải cacbon thấp, mức phát thải cacbon này tương đương với mức phát thải khi sử dụng khí thiên nhiên.

(5) Áp dụng công nghệ than sạch trong sản xuất điện năng kết hợp với sản xuất nhiên liệu thay thế nhiên liệu từ dầu khí

Sử dụng than trong sản xuất điện năng kết hợp với sản xuất nhiên liệu khí và các loại nhiên liệu lỏng thay thế cho nhiên liệu đi từ dầu khí nhiên liệu khí về cơ bản giống như quá trình sản xuất điện năng theo công nghệ IGCC, nhưng trên cơ sở hai thành phần hydrogen (H_2) và cacbon monoxide (CO) của khí tổng hợp *syngas* được sử dụng thực hiện phản ứng tổng hợp *Fischer-Tropsch* để sản xuất hydrocacbon :

$$(2n+1)H_2 + nCO \rightarrow C_nH_{(2n+2)} + nH_2O$$

Các sản phẩm thu được từ quá trình tổng hợp *Fischer-Tropsch* bao gồm những hydrocacbon từ khí đến lỏng và rắn, tùy thuộc vào tỷ lệ H_2/CO, nhiệt độ và chất xúc tác. Các hydrocacbon C1-C2 sử dụng để thay thế khí thiên nhiên, các hydrocacbon C3-C4 sử dụng để thay thế khí dầu mỏ hóa lỏng LPG, sản phẩm lỏng C5-C10 sử dụng để thay thế xăng, các sản phẩm C11-C20 sử dụng để thay thế kerosen và diesel, các sản phẩm rắn C21-C60 tương tự như wax parafin.

Thực ra, phương pháp *tổng hợp Fishcher-Tropsch* được nghiên cứu từ năm 1920 đã được tiến hành ở quy mô công nghiệp từ trong thời gian chiến tranh thế giới thứ II, giải quyết sự khan hiếm nhiên liệu xăng và nhiên liệu diesel để cung cấp cho cuộc chiến. Khi chiến tranh kết thúc, hướng sản xuất nhiên liệu lỏng tổng hợp nhân tạo cũng dần dần ngưng lại do giá thành nhiên liệu lỏng từ than quá cao, không cạnh tranh được với nhiên liệu lỏng từ dầu khí. Tuy nhiên, từ sau những cuộc khủng hoảng dầu mỏ những năm 70, nguồn cung về dầu mỏ bị đe doạ đã làm cho nhiều nước chủ động quay trở về chương trình sản xuất nhiên liệu lỏng từ than trên cơ sở nguyên lý công nghệ *tổng hợp Fischer-Tropsch* trước đây, nhưng điểm khác biệt là đưa vào công nghệ than sạch để không có phát thải cacbon trong quá trình sản xuất.

Mỹ và các nước Châu Âu, Nhật Bản chủ động trở về nghiên cứu và phát triển hướng sản xuất nhiên liệu thay thế từ than theo công nghệ mới, như nhiều công ty như *Shell Oil*, *Chevron (Texaco), Exxon Mobil, Phòng thí nghiệm Công nghệ quốc gia* (NETL) thuộc Bộ Năng lượng Mỹ đã xây dựng các nhà máy pilot hoặc nhiều nhà máy sản xuất hiện đại trong thời gian gần đây bằng công nghệ than sạch. Hiện nay, Mỹ đang có chương trình đến năm 2016, nhiên liệu lỏng sản xuất bằng quá trình tổng hợp *Fischer-Tropsch* từ than với việc áp dụng công nghệ than sạch sẽ thay thế khoảng 1/2 lượng nhiên liệu lỏng dùng trong quân đội mà không cần thay đổi động cơ, chủ yếu là trong không lực Hoa Kỳ, nhờ đó góp phần giảm được quan trọng lượng dầu nhập khẩu cho mục đích quân sự [9].

(6) Công nghệ than sạch trong sản xuất chất mang năng lượng hydrogen

Hydrogen là chất mang năng lượng rất sạch và có ý nghĩa quan trọng trong tương lai, chẳng những làm nhiên liệu thay thế trong lĩnh vực nhiên liệu cho giao thông vận tải, mà còn trong lĩnh vực sản xuất điện năng. Sử dụng than sản xuất điện với phát thải cacbon bằng 0 cũng như không phát thải các chất ô nhiễm SO*x*, NO*x* được thực hiện bằng công nghệ IGCC và CCS, CCC kết hợp, tuy nhiên trong hệ thống không sử dụng toàn bộ khí *syngas* đã được làm sạch để sản xuất điện mà đã lấy ra một nhánh để sản xuất hydrogen (H_2) nhờ vào *phản ứng chuyển vị khí-hơi nước* (Water-Gas Shift) trên cơ sở khí cacbon monoxit (CO) - một thành phần trong khí tổng hợp syngas:

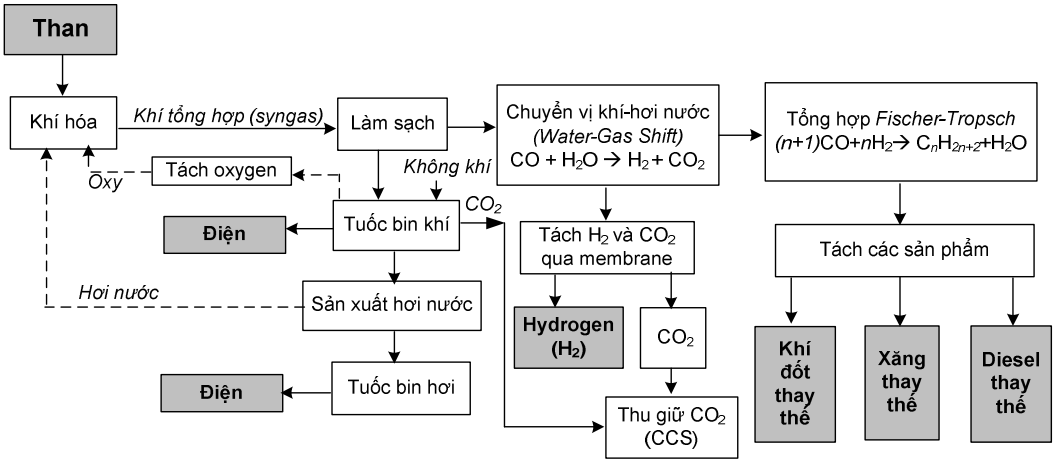
$$CO + H_2O \rightarrow H_2 + CO_2$$

Khí CO_2 của các quá trình trên được tách ra và thu giữ theo công nghệ CCS hoặc chuyển hóa theo công nghệ CCC.

Phản ứng chuyển vị hơi nước để sản xuất hydrogen là phản ứng đã được áp dụng trong công nghiệp hóa học từ thế kỷ trước nhằm sản xuất hydrogen với tư cách như một nguyên liệu hóa học, mà không phải chất mang năng lượng. Hydrogen trong công nghiệp hóa chất được sử dụng như một tác nhân hydrogen hóa làm sạch các sản phẩm chứa lưu huỳnh, chứa các liên kết không no trong các sản phẩm dầu khí, đặc biệt làm nguyên liệu hóa học để tổng hợp amoniac (NH_3) trong sản xuất phân bón urea hoặc để tổng hợp metanol và các hoá chất. Năm 2004 trên thế giới đã sản xuất khoảng 170 triệu tấn hydrogen cho công nghiệp hóa học, trung bình mỗi năm tăng khoảng 10% sản lượng, trong đó 1/2 được sử dụng để sản xuất amoniac và phân bón, còn lại chủ yếu để chế biến dầu nặng (hydrocracking) và làm sạch sản phẩm dầu mỏ. Tuy nhiên, công nghệ sản xuất hydrogen làm nguyên liệu trong công nghiệp hóa học hiện nay từ than là dựa trên công nghệ than bẩn, đã sinh ra nhiều khí thải CO_2, vì vậy để có thể tiếp tục sản xuất hydrogen làm tác nhân hoá học trong thế kỷ 21 bắt buộc phải áp dụng công nghệ than sạch, đưa thêm quá trình CCS vào.

Trong tình hình mới, hướng sản xuất hydrogen làm chất mang năng lượng cho nhu cầu năng lượng của thế kỷ 21 hiện nay đang được đề cập như một hướng mới để phát triển. Bộ năng lượng Mỹ (US DOE) đã khởi động *Chương trình Hydrogen từ than (Hydrogen from Coal Program)* [10] giai đoạn 2004-2015 để nghiên cứu, triển khai và trình diễn công nghệ sử dụng than trong sản xuất điện và sản xuất chất mang năng lượng hydrogen bằng công nghệ than sạch với kỳ vọng bằng cách kết hợp này sẽ nâng cao hiệu suất chuyển hóa năng lượng của than và hạ giá thành sản phẩm hydrogen thu được. Chương trình có tên *FutureGen* do nhà nước và tư nhân hợp tác đầu tư để xây dựng một nhà máy sử dụng than sản xuất điện theo công nghệ IGCC và CCS có công suất 275 MW với mức tổng phát thải bằng 0 và sản xuất chất mang năng lượng hydrogen với giá thành 0,54 USD/kg, giảm 25% so với giá thành hydrogen làm nguyên liệu hóa học sản xuất từ than hiện nay ở các nhà máy sản xuất amoniac (NH_3) đồng thời nâng cao hiệu suất chuyển hóa nhiệt trong sản xuất điện lên 60%, gần với hiệu suất nhiệt của *Chu trình Carnot (Carnot Cycle)*. Nhà máy trình diễn này dự định sẽ đưa vào vận hành vào năm 2012, với mục tiêu tập trung sản xuất chất mang năng lượng hydrogen từ than cho thế kỷ 21 bằng công nghệ than sạch.

Tổng hợp lại, hướng sử dụng nguồn tài nguyên năng lượng than được nghiên cứu tập trung và kỳ vọng nhất để đưa than thành nguồn năng lượng chủ lực cho thế kỷ 21 bằng công nghệ than sạch, không phát thải cacbon sẽ là một công nghệ liên hoàn gồm những công nghệ riêng rẽ trên đây, tạo ra các sản phẩm đa dạng, bao gồm điện, nhiên liệu khí thay thế khí thiên nhiên hoặc khí dầu mỏ hoá lỏng (LPG), nhiên liệu lỏng thay thế xăng, nhiên liệu lỏng thay thế nhiên liệu diesel của dầu khí và chất mang năng lượng hydrogen (hình 1).



Hình 1: Sơ đồ công nghệ than sạch sản xuất đồng thời nhiều sản phẩm (Coal Poly-Generation) [11]

Tiết kiệm năng lượng và nâng cao hiệu suất thiết bị, máy móc sử dụng năng lượng góp phần giảm phát thải cacbon

Sử dụng năng lượng trong khu vực dân cư có tác động quan trọng đến việc tiết giảm lượng dầu tiêu thụ và lượng phát thải cacbon. Ở các nước thuộc tổ chức OECD, khoảng 1/3 lượng điện sản xuất được là sử dụng vào hệ thống sưởi ấm và làm mát, tủ lạnh gia đình, lò nấu nướng, chiếu sáng và các thiết bị gia đình khác. Khu vực dân cư chiếm khoảng 35-40% lượng phát thải CO_2 toàn quốc, riêng các trang thiết bị đã phát ra khoảng 12% CO_2.

Các thiết bị điện là một nguồn quan trọng có thể góp phần giảm nhu cầu tiêu thụ xăng dầu và phát thải cacbon. Theo tính toán trong *Báo cáo Phát triển Con người* của Liên Hiệp Quốc 2007/2008, nếu tất cả các thiết bị điện sử dụng ở các nước thuộc *Tổ chức Hợp tác Phát triển Kinh tế* (OECD) vào năm 2005 đạt tiêu chuẩn tốt nhất về hiệu suất thì có lẽ đã giảm được 322 MT CO_2 phát thải tới năm 2010, tương đương với việc giảm 100 triệu chiếc xe lưu thông trên đường - một con số bằng tất cả xe ở Canada, Pháp và Đức gộp lại. Đến năm 2030, những tiêu chuẩn này cao hơn sẽ tránh được phát thải 572 triệu tấn CO_2 mỗi năm, tương đương với 200 triệu xe hơi không tham gia giao thông hoặc đóng cửa 400 nhà máy điện chạy bằng khí thiên nhiên.

Riêng khoản chiếu sáng trên thế giới cũng chiếm khoảng 10% nhu cầu điện toàn cầu và sản sinh ra 1,9 tỷ tấn CO_2 mỗi năm, bằng 7% tổng lượng phát thải CO_2. Theo tính toán, chỉ cần thay thế nguồn chiếu sáng bằng sợi đốt volfram chuyển sang đèn huỳnh quang compact thì có thể giảm tổng năng lượng cho chiếu sáng tới 38% vì loại đèn sợi đốt, 95% điện năng tiêu thụ bị mất mát dưới dạng toả nhiệt, chỉ cỡ dưới 5% là để toả sáng. Hiện nay, nhiều dự án và chương trình nghiên cứu đang tập trung vào việc chuyển nguồn chiếu sáng sang *thế hệ đèn LED* (Light Emitting Diode) với nguyên lý phát sáng khác với các nguồn chiếu sáng thế hệ đèn sợi đốt hoặc đèn huỳnh quang, mức tiêu thụ điện năng rất thấp, một bóng đèn vài watts sáng hơn bóng đèn vài chục watts hiện nay [12]. Nguồn chiếu sáng này được xem là nguồn chiếu sáng cho thế kỷ 21, góp phần giảm đáng kể tiêu thụ điện năng toàn thế giới, tức giảm mức tiêu thụ dầu khí để sản xuất điện năng và giảm phát thải cacbon.

Phương tiện giao thông cá nhân là đối tượng tiêu thụ dầu mỏ lớn nhất thế giới, đồng thời cũng là nguồn phát thải CO_2 gia tăng nhanh nhất. Thống kê cho thấy, năm 2004 ngành giao thông thải ra 6,3 tỉ tấn CO_2 và hàng năm đã tăng lên với tốc độ trung bình 1,8%/năm. Tăng hiệu suất sử dụng xăng dầu đối với các phương tiện giao thông vận tải sẽ góp phần quan trọng trong việc tiết kiệm năng lượng và giảm phát thải cacbon. Vấn đề này đòi hỏi có những cải tiến mới trong việc chế tạo động cơ đốt trong và động cơ diesel để nâng cao hiệu suất động cơ cũng như sử dụng các vật liệu mới để giảm trọng lượng xe, góp phần giảm mức tiêu thụ nhiên liệu. Từ năm 2002, Nhật Bản đã sản xuất xe có hiệu suất nhiên liệu rất cao, 45 dặm/gallon xăng (tức ~19 km/lít), các nước thuộc EU 37 dặm/gallon (15,5 km/lít), úc và Trung Quốc 29 dặm/gallon (12 km/lít), trong khi đó, Mỹ chỉ đạt hiệu suất nhiên liệu 20 dặm/gallon (8,5 km/lít). Mục tiêu đến năm 2010, các chỉ tiêu này sẽ tăng lên: Nhật và các nước EU sẽ đạt mức 48 dặm/gallon (~20 km/lít), úc 35 dặm/gallon (~14 km/lít), trong khi đó, Mỹ khoảng 25 dặm/gallon (10,5 km/lít), tuy vậy cũng đã có tác dụng sẽ giảm mức tiêu thụ dầu mỏ ở Mỹ đến 3,5 triệu thùng mỗi ngày, song song đó giảm được 400 MT CO_2 phát thải, tương đương tổng lượng phát thải cacbon của Pháp mỗi năm [13].

Một giải pháp giảm lượng xăng dầu tiêu thụ cho lĩnh vực giao thông, vận tải là sản xuất và sử dụng xe "lai ghép" (hybrid vehicles), vừa sử dụng xăng, vừa sử dụng điện của pin nhiên liệu hydrogen, hoặc vừa sử dụng dầu diesel, vừa sử dụng điện (hybrid-electric petroleum vehicles) từ xe con, xe ca, đến xe bus, tàu hoả. Xe lai ghép thế hệ gần đây nhất là loại *plud-in hybrid electrical vehicles* (PHEV) tức chuyển đổi tay gạt qua lại từ chế độ hoạt động bằng động cơ xăng hoặc động cơ diesel sang chế độ hoạt động bằng động cơ điện do pin nhiên liệu hydrogen hoặc pin nhiên liệu butanol sinh học cung cấp. Thống kê cho thấy sử dụng xe lai ghép có tác dụng không chỉ tiết giảm đáng kể lượng tiêu thụ xăng dầu mà còn giảm nhiều lượng phát thải cacbon: lượng nhiên liệu xăng

dầu tiêu thụ giảm 1/2 đến 1/4, chỉ còn 2,8-3 lít cho mỗi kilomet, đồng thời lượng khí CO_2 phát thải cũng giảm khoảng 1,5 lần so với trước. Bằng giải pháp này có triển vọng vừa giảm được nhu cầu xăng dầu, vừa đạt được mục tiêu phát thải 120gCO_2/km hành trình vào năm 2012 trong khi hiện nay, mục tiêu cho năm 2008-2009 là 140 gCO_2/km hành trình.

Đầu tư của một số nước vào năng lượng tái tạo nhằm xây dựng nền kinh tế ít phát thải cacbon và an ninh năng lượng trong thế kỷ 21 [14]

Tháng 7 năm 2005, các nhà lãnh đạo các nước G8 đã nhóm họp tại *Gleneales,* Scotland đã đưa cuộc đối thoại về biến đổi khí hậu, năng lượng sạch và phát triển bền vững với sự tham gia của 20 nền kinh tế sử dụng nhiều năng lượng. Mục tiêu của cuộc gặp gỡ trên đây là tạo ra một diễn đàn bên lề các cuộc đàm phán chính thức của *Công ước khung về biến đổi khí hậu* của Liên Hiệp Quốc và nhằm thảo luận các cách thức nhằm làm giảm phát thải khí nhà kính và thúc đẩy đầu tư vào công nghệ xanh, mở rộng cơ hội về năng lượng cho các nước phát triển và giảm nghèo ở các nước đang phát triển.

Đầu tư vào năng lượng tái tạo đang tăng lên nhanh chóng, với 70,9 tỷ USD trong năm 2006, cao hơn 43% so với năm 2005 và đang tiếp tục nâng cao vào các năm 207-2008. Các lĩnh vực đầu tư nhiều nhất là năng lượng gió, năng lượng mặt trời và năng lượng sinh khối, tốc độ phát triển mạnh nhất là năng lượng mặt trời hoà mạng lưới điện quốc gia, thứ đến là năng lượng gió, bio-diesel, năng lượng mặt trời để đun nóng, điện mặt trời phân tán và năng lượng địa nhiệt.

Dưới đây sẽ giới thiệu một số nước đầu tư mạnh vào phát triển năng lượng tái tạo trong thời gian qua:

CHLB Đức *(Diện tích: 357.021 km^2, số dân tính đến 31-12-2007: 82.217.800 người)*

Từ năm 1997, Đức bắt đầu các chương trình phát triển năng lượng tái tạo và đã đặt mục tiêu đến năm 2010, tỷ lệ năng lượng tái tạo trong tổng sản lượng điện quốc gia là 12%. Năm 2006, Chính phủ Đức đã quyết định đầu tư trên 9 tỷ € (tương đương 11,31 tỷ USD) cho phát triển ngành năng lượng tái tạo và đầu tư 800 triệu euro cho nghiên cứu khoa học về năng lượng mới trong giai đoạn 2005-2010. Nhờ vậy đến năm 2007 đã vượt chỉ tiêu đề ra, đạt 14%, đồng thời dự tính đến năm 2010 có khả năng cắt giảm được khoảng 52 triệu tấn khí nhà kính CO_2. Hiện nay, mục tiêu đề ra cho đến năm 2020 sẽ đạt mức 27%.

Sản lượng điện tái tạo trong năm 2007 là 87.450 TWh, chiếm 14,2% trong tổng sản lượng điện cả nước, phân bố cho các dạng như sau (tính bằng TWh) [15]: thủy điện: 20.700; điện gió: 39.500; điện sinh khối: 19.500; điện từ biogas bãi rác: 4.250; điện pin mặt trời: 3.500; điện địa nhiệt: 0,4

Nhờ có chính sách quy định rõ ràng trong *Luật hoà mạng* [16] cho phép cơ sở tư nhân sản xuất điện tái tạo được bán điện trực tiếp cho nhà nước và bảo đảm với mức giá cố định trong 20 năm liền kèm theo trợ cấp, chẳng hạn điện mặt trời nhận được 0,45 €/kWh trợ cấp, đã kích thích sản xuất điện tái tạo trong cả nước và tạo ra một thị trường ổn định, lôi kéo được nhiều nhà đầu tư tư nhân vào lĩnh vực năng lượng tái tạo. Chỉ tính trong năm 2005, điện từ năng lượng tái tạo đã cao hơn mức trung bình của Liên minh Châu Âu là 50%, và ngành này đã mang lại tổng doanh thu 21,6 tỷ € (tức 27 tỷ USD) cùng với 8,7 tỷ € (tức 11 tỷ USD) giá trị đầu tư. Đồng thời đã giải quyết việc làm cho 240.000 người và nhiều công ty nhỏ và vừa ra đời đã làm ăn phát đạt trong ngành năng lượng mới này.

Một dự luật rất quan trọng được thông qua năm 2001 là quyết định đóng cửa tất cả các nhà máy điện hạt nhân đã hoạt động trong thời hạn 32 năm để đạt mục tiêu đến năm 2020 sẽ không còn bất cứ nhà máy điện hạt nhân nào hoạt động trên toàn lãnh thổ nước Đức.

Brazil *(Diện tích: 8.514.876 km^2; số dân tính đến 31-12-2007: 191.790.931 người)*

Brazil là thị trường năng lượng tái tạo lớn nhất thế giới và được hình thành từ rất sớm vào những năm 70, chủ yếu dựa vào sản xuất bio-ethanol để làm nhiên liệu thay thế xăng dầu của ngành công nghiệp mía đường trong *chương trình quốc gia về ethanol* (National Alcohol Program). Khoảng 44% tổng sản lượng năng lượng là dựa vào các nguồn năng lượng tái tạo. Trên 75% xe ô tô ở Brazil có thể hoạt động bằng xăng sinh học hoặc xăng dầu mỏ. Ở Brazil, giá bio-ethanol rẻ hơn xăng dầu mỏ nhiều lần, chính phủ có nhiều biện pháp khuyến khích người dân sử dụng xăng etanol. Trong nhiều năm liền, Brazil là nước sản xuất bio-etanol có sản lượng đứng đầu thế giới, tuy nhiên bắt đầu từ năm 2005, đã bị Mỹ vượt lên chiếm giữ ngôi đầu bảng về sản lượng bio-etanol. Điều đáng lưu ý là bio-ethanol sản xuất từ mía đường của Brazil có phát thải CO_2 ít hơn khoảng 3 lần so với bio-ethanol sản xuất từ ngô của Mỹ. Do đó, sử dụng bio-ethanol ở Brazil có khả năng cắt giảm 70% phát thải cacbon, thì ở Mỹ chỉ có khả năng cắt giảm 13% phát thải cacbon. Tổng lượng phát thải cacbon ở Brazil hiện nay đến 25,8 triệu tấn CO_2/năm.

Ngoài chính sách đầu tư nhiên liệu thay thế ở Brazil vào sản xuất bio-ethanol, khoảng 1,4 tỷ USD trong năm 2006, hiện nay Brazil đang chú ý đầu tư phát triển năng lượng điện gió trong dự án PROINFA 1,2 MW đã được chính phủ thông qua. Brazil đặt mục tiêu đạt 1,4 GW điện từ các nguồn năng lượng tái tạo vào năm 2008

Nhật Bản *(Diện tích: 377.873 km^2; số dân tính đến 31/12/2007:127.433.494 người)*

Nhật Bản là nước tiêu thụ năng lượng đứng thứ tư trên thế giới, nhưng nguồn nguyên liệu năng lượng lại rất hạn chế, nhất là dầu khí. Nhằm giải quyết các khó khăn đó, Nhật Bản đã bắt đầu gia tăng đầu tư vào nguồn năng lượng tái tạo theo xu thế chung của thế giới. Luật về "*các giải pháp đặc biệt*" nhằm thúc đẩy sử dụng năng lượng mới bắt đầu có hiệu lực từ năm 2002, yêu cầu các tổ chức cung cấp điện phải bảo đảm 1,35% lượng điện tái tạo trong tổng sản lượng điện quốc gia. Theo Bộ Môi trường Nhật Bản, thị trường năng lượng tái tạo của nước này nếu trong năm 2000 đạt 8,9 tỷ USD thì đến năm 2010 dự báo sẽ tăng lên 58,2 tỷ USD và đến năm 2020 sẽ tăng lên 88,2 tỷ USD. Điều này cho thấy Nhật Bản coi trọng phát triển ngành năng lượng tái tạo đến mức nào.

Viện nghiên cứu *Yano* của Nhật Bản cho biết thị trường pin mặt trời tại Nhật Bản đạt giá trị 3,6 tỷ USD và có thể tăng ở mức 30-40%/năm, đạt 7 tỷ USD vào năm 2008. Khoảng 80% pin mặt trời bán trên thị trường Nhật Bản là để sử dụng trong sinh hoạt, còn lại là sử dụng cho chiếu sáng công cộng trên đường phố.

Ngoài ra, Nhật Bản đang đẩy mạnh năng lượng gió, mặc dù hiện nay đang đứng ở vị trí thứ 13 trên thế giới với công suất lắp đặt chỉ có 1.538 MW, nhưng dự tính sẽ tăng lên 3.000 MW vào năm 2010 và 11.800 MW vào năm 2030, xấp xỉ công suất điện gió của Tây Ban Nha là nước đứng hàng thứ 3 hiện nay trên thế giới.

Nhật Bản là nước có tiềm năng địa nhiệt cao vì cả nước Nhật nằm trọn trong vòng lửa Thái Bình Dương. Năm 1980, Nhật Bản đã thành lập *Tổ chức phát triển Công nghệ công nghiệp và năng lượng mới của Nhật Bản NEDO* (New Energy and Industrial Technology Development Organisation) nhằm thực thi chương trình phát triển năng lượng địa nhiệt ở những vùng có tiềm năng lớn trên toàn lãnh thổ Nhật Bản. Khoảng 20 nhà máy điện địa nhiệt đang hoạt động trên toàn lãnh thổ Nhật Bản với tổng công suất lắp đặt là 535 MW, sản lượng điện hàng năm của điện địa nhiệt là 3.467.310 MWh, chiếm 0,4% trong tổng sản lượng điện trong nước. Ngoài ra, Nhật Bản cũng chú trọng phát triển hệ thống đun nóng nước nhờ năng lượng địa nhiệt để sưởi ấm và sinh hoạt.

Trung Quốc *(Diện tích: 9.640.821 km^2; số dân tính đến 31/12/2007: 1.321.851.888 người)*

Trung Quốc là nước sản xuất năng lượng tái tạo lớn nhất thế giới, nếu kể cả thủy điện lớn,

công suất điện vào năm 2005 là 120 GW, chiếm 25% tổng công suất quốc gia. Trung Quốc cũng là nhà sản xuất bio-etanol lớn thứ ba trên thế giới và có công suất lắp đặt điện gió đứng thứ 5 trên thế giới. Trung Quốc đang đẩy rất mạnh phát triển nguồn năng lượng tái tạo với mục tiêu đến năm 2020 đạt 15% trong tổng năng lượng sơ cấp.

Trung Quốc ngày càng chiếm ưu thế trong ngành công nghiệp năng lượng mặt trời. Lĩnh vực này hiện nay Đức và Nhật Bản đang chiếm ưu thế. Trung Quốc chiếm 80% thị trường thế giới về các thiết bị đun nóng nước nhờ năng lượng mặt trời. Với tổng đầu tư vào các công ty năng lượng mặt trời là 1,1 tỷ USD gồm 638 triệu USD từ vốn mạo hiểm và cổ phiếu tư nhân, cộng với 466 triệu USD từ quỹ phát triển thị trường của nhà nước, Trung Quốc đặt mục tiêu sẽ trở thành nước xuất khẩu ròng trong lĩnh vực pin mặt trời vào năm 2020. Ở trong nước, Trung Quốc đặt mục tiêu công suất lắp đặt điện mặt trời đạt 2 GW vào năm 2020 và tương ứng dự kiến trong vòng 15 năm tới sẽ tăng mức đầu tư lên hơn 40 tỷ USD.

Về năng lượng gió, Trung Quốc đang tăng tốc đầu tư để bắt kịp nhiều nước trên thế giới. Nếu vào năm 2005, công suất năng lượng gió của Trung Quốc chỉ đạt 1,26 GW, đứng hàng thứ 8 trên thế giới, thì sang năm 2007, công suất năng lượng gió đã tăng lên trên 6 GW, đứng hàng thứ 5 trên thế giới, sau Đức, Mỹ, Tây Ban Nha và Ấn Độ. Gần đây, Trung Quốc công bố mục tiêu năng lượng gió đến năm 2020 sẽ là 30 GW.

Về thủy điện, Trung Quốc thuộc loại hàng đầu thế giới, công suất lắp đặt năm 2007 là 145,2 GW, trong đó 70% là từ các nhà máy thủy điện lớn, còn lại là các nhà máy thủy điện nhỏ công suất <50MW. Có thể nói, thủy điện vẫn là nguồn năng lượng tái tạo quan trọng nhất ở Trung Quốc.

Mỹ *(Diện tích: 9.826.630 km^2; số dân tính đến 31/12/2007: 305.563.000 người)*

Qua ba thập kỷ tiên phong trong nghiên cứu và phát triển cả từ phía chính phủ và tư nhân, Mỹ đã giới thiệu được nhiều công nghệ mới đầy triển vọng nhằm chuyển đổi mạnh mẽ sang nguồn năng lượng tái tạo, giảm sự lệ thuộc vào nguồn dầu mỏ nhập ngoại luôn bị đe dọa về số lượng cung ứng và giá cả. Những nguồn năng lượng tái tạo được nghiên cứu và đưa ra những công nghệ mới bao gồm năng lượng mặt trời, năng lượng gió, năng lượng địa nhiệt, năng lượng nước (sông và đại dương), năng lượng sinh khối. Mỹ trở thành nước đi đầu về các công nghệ mới trong lĩnh vực năng lượng tái tạo. Năm 2005, riêng ngành công nghiệp sản xuất bio-etanol từ ngô đã tạo ra 154.000 việc làm mới, đáng kể nhất là cho nông dân, đồng thời tăng thêm 5,7 tỷ USD cho thu nhập quốc dân.

Đầu tư nhà nước vào các dự án năng lượng tái tạo đã tăng lên trong những năm qua. Các dòng vốn đầu tư mạo hiểm và cổ phiếu tư nhân đã đổ vào 4,9 tỷ USD cho các công ty và dự án năng lượng sạch ở Mỹ năm 2006. Tính đến giữa năm 2005 đã có 17 Quỹ về năng lượng mới có giá trị gần 3,5 tỷ USD nhằm hỗ trợ cho phát triển các nguồn năng lượng tái tạo. Mỹ là một trong những nước nằm trong top đầu ở hầu hết tất cả các nguồn năng lượng tái tạo nhờ có chính sách đầu tư mạnh chẳng những cho sản xuất mà đặc biệt cho nghiên cứu phát triển (R&D). Đầu tư quốc gia vào R&D cho năng lượng mới ở Mỹ là 2,2% GDP, các doanh nghiệp tài trợ thêm 64% cho quỹ R&D.

KẾT LUẬN

Để kết luận, có thể dẫn ra đây một điển hình thành công của thế giới về tự chủ năng lượng dựa vào tiết kiệm năng lượng và phát triển năng lượng tái tạo. Đó là Đan Mạch, một nước nhỏ ở Châu Âu, nằm bên bờ Biển Bắc, diện tích 43.094 km^2, dân số 5.475.791 người. Trong giai đoạn những năm 1960-1970, năng lượng ở Đan Mạch chủ yếu dựa hẳn vào nguồn dầu khí rẻ tiền của thế giới. Với cuộc khủng hoảng năng lượng thế giới xảy ra năm 1973 do cuộc chiến tranh giữa Israel và Syria, Ai Cập, giá dầu mỏ tăng lên đột biến đã làm ảnh hưởng mạnh mẽ đến sự phát triển kinh tế-xã hội của Đan Mạch lúc bấy giờ. Trước tình hình đó, năm 1983 Chính phủ Đan Mạch liền đề ra ngay

một *Chương trình năng lượng thay thế*, xây dựng một "*kịch bản năng lượng thay thế AE83*" (Alternatine Energy scenario 83) và động viên mọi cơ sở nghiên cứu và trường đại học trong nước tham gia. Mục tiêu chính của Chương trình AE83 là **đến năm 2030 sẽ chấm dứt nhập khẩu mọi nguồn dầu thô và than đá**, thay vào đó ***bằng các nguồn năng lượng tái tạo như năng lượng gió, năng lượng mặt trời, và nhiên liệu sinh học***, đồng thời có chủ trương ***cắt giảm mạnh tiêu thụ năng lượng trong cả nước***. Chương trình AE83 không đặt vấn đề phát triển năng lượng hạt nhân vì bị phản đối và không được sự đồng thuận của dư luận xã hội Đan Mạch.

Chính phủ Đan Mạch liền sau đó đã đưa ra hàng loạt chính sách cấp bách nhằm thực thi Chương trình AE83 nói trên. Các chính sách quan trọng nhất đưa ra đã thực hiện rất thành công, không những đạt được mục tiêu mà còn vượt xa hơn dự kiến, từ 1998, Đan Mạch đã tự cung ứng tất cả nhu cầu năng lượng cho đất nước mình. Những kết quả đã đạt được bao gồm [17]:

(1) Theo đuổi một chính sách tiết kiệm năng lượng triệt để, đặt ra sắc thuế cao về tiêu thụ năng lượng, giá xăng cao nhằm giảm lượng xe sử dụng. Có thể nói, Đan Mạch là nước người dân sử dụng xe ô tô cá nhân rất ít, mỗi gia đình chỉ có 1 xe, khác với nhiều nước châu Âu và Mỹ, mỗi người sở hữu 1 hoặc nhiều xe, người dân Đan Mạch tự nguyện chuyển sang sử dụng các phương tiện giao thông công cộng rất phát triển, đồng thời có được ý thức tiết kiệm để quốc gia tiêu dùng năng lượng ít nhất. Đan Mạch đã đề ra luật xây dựng mới buộc các công trình xây dựng mới phải có hệ thống cách nhiệt và khuyến khích sử dụng hệ thống kết hợp nhiệt năng và điện năng (combined heat and power - CHP). Kết quả thu được thật ngoạn mục: trong thời gian từ giữa năm 1972 và 1985, tổng diện tích sàn xây dựng cần phải sưởi ấm tuy đã tăng lên 30%, nhưng tổng nhiệt năng sử dụng để sưởi ấm đã giảm xuống được 30%. Tiêu thụ năng lượng thấp nhất châu Âu tính theo đầu người, mỗi hộ gia đình Đan Mạch chỉ tiêu thụ 350 kWh mỗi tháng, trong khi đó, ở Mỹ là từ 600 - 1.000 kWh mỗi tháng.

(2) Chuyển các nhà máy điện chạy bằng dầu sang chạy bằng than. Nhờ đó, nhu cầu tiêu thụ dầu từ 93% năm 1972 đã giảm xuống, chỉ còn 43% năm 1992, nghĩa là chỉ sau 20 năm thực hiện chủ trương này. Trong lĩnh vực sử dụng than, Đan Mạch là nước áp dụng *công nghệ than sạch* hiệu quả nhất trên thế giới.

(3) Song song đó, tăng cường công tác tìm kiếm và phát hiện các mỏ dầu và khí thiên nhiên ở vùng Biển Bắc. Kết quả năm 1980 đã phát hiện được 19 cấu tạo chứa dầu và đến năm 1997, Đan Mạch trở thành nước xuất khẩu năng lượng dưới dạng dầu thô. Năm 2003, Đan Mạch nhập khẩu 69.000 thùng dầu thô/ngày, nhưng bù lại đã xuất khẩu 263.000 thùng dầu thô/ngày, như vậy nếu trừ lượng dầu thô nhập khẩu, về tổng thể Đan Mạch là nước xuất khẩu dầu thô với sản lượng là 194.000 thùng dầu thô/ngày. Theo tính toán, Đan Mạch còn tiếp tục xuất khẩu dầu thô ít nhất trong vòng 30 năm nữa từ nguồn dầu thô khai thác được ở vùng Biển Bắc.

(4) Đầu tư mạnh để phát triển các nguồn năng lượng tái tạo trong nước, đặc biệt chú trọng đến năng lượng gió, năng lượng sinh khối, năng lượng mặt trời và năng lượng địa nhiệt.

20% nhu cầu điện năng ở Đan Mạch hiện nay là do các tuốc bin gió cung cấp, là một nước nhỏ nhưng lại đứng hàng thứ 6 về công suất lắp đặt của các tuốc bin gió trên thế giới, trên 3.000 MW và nhờ nhiều tiến bộ kỹ thuật đạt được, giá thành điện gió đã giảm xuống đến 75% so với năm 1970 là năm chương trình điện gió bắt đầu thực thi. Đan Mạch là nước sản xuất tuốc bin gió cỡ công suất lớn, chiếm đến 40% thị phần tuốc bin gió loại này trên thế giới. Đan Mạch sản xuất và xuất khẩu các chi tiết của tuốc bin gió cho thị trường thế giới, 65% tuốc bin gió thế giới đã sử dụng các chi tiết quan trọng do Đan Mạch sản xuất.

Đan Mạch sử dụng năng lượng sinh khối, chủ yếu là rác sinh hoạt đô thị được đưa vào các lò đốt theo *công nghệ sản xuất nhiệt và điện kết hợp* (combined heat and power - CHP). Năm 2005, ở Đan Mạch từ rác thải đô thị đã sản xuất được 4,8% tổng lượng điện tiêu thụ cả nước và 13,7% tổng

lượng nhiệt cung cấp cho các căn hộ để sưởi ấm. Bằng phương pháp này, hàng năm ở Đan Mạch đã xử lý được 3,5 triệu tấn rác (tuy vậy cũng mới chỉ giải quyết được 26% lượng rác thải cả nước) ở 29 nhà máy, điện và nước nóng sản xuất được từ rác theo công nghệ CHP đã cung cấp cho nhu cầu tiêu thụ của 400.000 hộ dân. Theo số liệu thống kê từ các nhà máy thiêu đốt rác đô thị ở Đan Mạch [18], trung bình từ 1 tấn rác thải đô thị có thể sản xuất được 0,67 MWh điện năng và 2 MJ nhiệt để sưởi ấm các căn hộ gia đình. Như vậy, 4 tấn rác đô thị có thể thay thế cho 1 tấn dầu hoặc 1,6 tấn than trong sản xuất điện và nhiệt.

Mới gần đây, từ 26-29/5/2008 một đoàn công tác đặc nhiệm gồm *Phòng Thương mại Hoa kỳ* (US Department of Commerce), *Bộ phận năng lượng tái tạo của Cơ quan thương mại quốc tế ITA* (International Trade Administration), và *Phòng Thương mại của Hoa kỳ tại Copenhagen* (Đan Mạch), *Stockholm* (Thụy Điển) đã có đợt nghiên cứu và khảo sát thực tế 5 ngày về *công nghiệp năng lượng tái tạo và nhiên liệu thay thế* ở Đan Mạch và Thuỵ Điển. Các lĩnh vực khảo sát là các trang thiết bị sản xuất điện mặt trời, điện gió, điện địa nhiệt, điện thủy triều, các công nghệ sản xuất nhiên liệu sinh học và sinh khối. Đoàn đã làm việc với Chính phủ và nhiều doanh nghiệp của các nước này. Kết luận sau đợt nghiên cứu khảo sát 5 ngày đối với Đan Mạch cho thấy Đan Mạch đã bắt đầu đi vào nghiên cứu và sử dụng năng lượng tái tạo từ rất sớm, ngay sau khủng hoảng năng lượng năm 1973 và đã rất thành công. Đan Mạch đã phản ứng nhanh theo hướng tự chủ về năng lượng, không để phụ thuộc vào dầu khí, có nhiều chính sách mới về tiết kiệm tiêu dùng năng lượng, đưa nhanh năng lượng tái tạo và nhiên liệu thay thế vào sử dụng, chuyển đổi cơ cấu năng lượng theo hướng tăng tỷ trong năng lượng tái tạo trong sản xuất điện năng, nhiệt năng và nhiên liệu thay thế nhiên liệu từ dầu mỏ, đồng thời từ chối sản xuất điện hạt nhân. Từ năm 1998, Đan Mạch đã giải quyết được vấn đề tự cung ứng năng lượng cho nền kinh tế và hiện nay là một trong số ít nước có các giải pháp tốt nhất về năng lượng địa nhiệt thông qua bơm nhiệt, năng lượng sinh khối, pin nhiên liệu, năng lượng sóng và năng lượng hydrogen [19].

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. The Fourth GEO – Environment for Development (GEO-4) - [http://www.unep/geo-4/media].
2. Renewables Global status Reports 2006 – [http://www.martinot.info/Martinot_GWREF2006_print.pdf].
3. Human Development Report 2007/2008- UNDP – [http://hdr.undp.org/en/media/hdr_2007-2008].
4. Gtoe –Gigatone of oil equivalent: 10^9 tấn dầu tương đương.
5. World Energy Assessment Overview: 2004 Update – [http://www.undp.org/energy].
6. Clean Coal Technology – [http://uic.com.au].
7. Trần Mạnh Trí - Tiếp cận mới của hóa học xúc tác về cuộc chiến chống biến đổi khí hậu toàn cầu - *Tuyển tập Báo cáo khoa học Hội nghị Xúc tác và hấp phụ toàn quốc lần thứ V, 8/2009, Hải Phòng,* tr. 100-119.
8. Human Development Reports 2007/2008(UNDP) – [http://hdr.undp.org/en/media/hdr_2007-2008].
9. Zamorano Marti – B-52 synthetic fuel testing : Center commander pilots first Air Force B-52 flight using solely synthetic fuel blend in all eight engines – 22 Dec 2006.
10. Hydrogen from Coal Program – [http://www.hydrogen.economy.gov].
11. World Energy Assessment Overview: 2004 Update – [http://www.undp.org/energy].
12. Nguyễn Xuân Chánh - Đèn LED, siêu tụ điện và tự túc điện thắp sáng - Khoa học và Tổ quốc, 4, 2008, tr. 16.
13. Human Development Reports 2007/2008 (UNDP) - [http://hdr.undp.org/en/media/hdr_2007-2008].

14. Xu thế đầu tư toàn cầu vào các nguồn năng lượng bền vững trên thế giới - Tổng luận số 10/2007 - Trung tâm thông tin Khoa học và Công nghệ quốc gia.
15. Renewable energy in Germany – [http://en.wikipedia.org/wiki/Renewable_energy_in_ Germany].
16. Human Development Reports 2007/2008 – UNDP – [http://hdr.undp.org/en/media/hdr_2007-2008].
17. Denmark point way in alternative energy source – [http://www.foxnews.com/story/0,2933,203293,00.html].
18. 18.Waste to Energy in Danemark – Pubication by Rambolle [online - http://www.zmag.dk].
19. Mission Statement renewable energy mission Denmark and Sweden, May 2008 – [http://www.trade.gov/doctm/energy_0508.html].