

XU HƯỚNG CHUYỂN DỊCH NĂNG LƯỢNG VÀ KINH NGHIỆM THỰC HIỆN XANH HÓA CỦA MỘT SỐ NHÀ MÁY LỌC HÓA DẦU TRÊN THẾ GIỚI

Nguyễn Hữu Lương¹, Lê Hồng Nguyên¹, Lê Thanh Thanh²

¹Viện Dầu khí Việt Nam

²Trường Đại học Dầu khí Việt Nam

Email: nguyenlh.pvpro@vpi.pvn.vn

<https://doi.org/10.47800/PVSI.2024.02-02>

Tóm tắt

Ngành công nghiệp lọc hóa dầu đang đối mặt với những thách thức chưa từng có khi vừa phải đáp ứng nhu cầu ngày càng tăng về nhiên liệu vừa phải giải quyết yêu cầu cấp thiết về giảm khí thải carbon. Bài báo tập trung đánh giá tiềm năng chuyển đổi của các nhà máy lọc hóa dầu trên thế giới đến năm 2050 với sự thay đổi đáng kể về sản phẩm, công nghệ và nguyên liệu để đạt được tính bền vững và giảm lượng khí thải. Bài báo cũng giới thiệu kinh nghiệm thực hiện xanh hóa của một số nhà máy lọc hóa dầu trên thế giới với xu hướng chuyển dịch sang sử dụng nguyên liệu sinh học; sản xuất hydrogen xanh; thu hồi và lưu trữ carbon; chuyển đổi, mở rộng trên cơ sở các quy trình hiện có và sử dụng công nghệ tiên tiến.

Từ khóa: Phát thải carbon, chuyển dịch năng lượng, nguyên liệu dựa trên sinh học, hydrogen xanh, CO₂.

1. Giới thiệu

Trong bối cảnh nhu cầu năng lượng ngày càng tăng và áp lực về biến đổi khí hậu ngày càng trầm trọng, việc nghiên cứu và hiểu rõ về xu hướng chuyển đổi năng lượng đang trở thành vấn đề cần được quan tâm hàng đầu. Ngành công nghiệp lọc hóa dầu toàn cầu đang đối diện với các thách thức vô cùng phức tạp khi phải thỏa mãn nhu cầu ngày càng tăng về nhiên liệu, đồng thời phải giảm thiểu lượng khí thải carbon trên toàn thế giới đến năm 2050... do đó cần thiết phải có những giải pháp để chuyển đổi các nhà máy lọc hóa dầu để đảm bảo tính bền vững và giảm lượng khí thải. Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả sẽ phân tích tiềm năng chuyển đổi của một số nhà máy lọc hóa dầu trên thế giới đến năm 2050 với sự thay đổi đáng kể về sản phẩm, công nghệ và nguyên liệu để đạt được tính bền vững và giảm lượng khí thải, đồng thời đưa ra những kinh nghiệm thực hiện xanh hóa của các công ty, nhà máy lọc hóa dầu trên thế giới.

2. Xu hướng chuyển dịch năng lượng trên thế giới

Quá trình chuyển dịch năng lượng ở thế kỷ XXI là con đường hướng tới chuyển đổi ngành năng lượng toàn cầu

với mục tiêu giảm phát thải carbon để giảm thiểu biến đổi khí hậu. Quá trình khử carbon yêu cầu tất cả các lĩnh vực đều phải chuyển đổi, trong đó, lĩnh vực năng lượng đòi hỏi phải có hành động khẩn cấp nhất với quy mô toàn cầu, bao gồm một số giải pháp như: năng lượng tái tạo, tiết kiệm năng lượng, sử dụng nguyên liệu thay thế, thu hồi và lưu giữ carbon... Sự chuyển dịch năng lượng vẫn đang trong quá trình định hình nhưng sẽ là một chủ đề lớn trên thế giới hiện nay. Trong lịch sử phát triển xã hội loài người, từ than rồi đến xăng dầu thay nhau trở thành nguồn năng lượng, nhiên liệu chính để phục vụ các cuộc cách mạng công nghiệp trước đây và cả hiện tại. Trong tương lai, điện tái tạo và các nguồn năng lượng sạch được dự báo sẽ chiếm tỷ trọng lớn nhất trong tỷ trọng năng lượng tiêu thụ cuối. Toàn bộ các hoạt động trong lĩnh vực năng lượng hiện tại và tương lai đều hướng tới một nền kinh tế phát thải carbon thấp với đích đến cuối cùng là không phát thải carbon. Điều này đã được định hướng tại Thỏa thuận chống biến đổi khí hậu tại Hội nghị lần thứ 21. Theo đó, Công ước khung Liên hiệp quốc về biến đổi khí hậu (COP21) tại thủ đô Paris (Pháp) đã được thông qua vào ngày 12/12/2015 bởi 195 quốc gia và vùng lãnh thổ. Nội dung chính của Thỏa thuận bao gồm: (1) Đạt mức phát thải lớn nhất càng sớm càng tốt và hạ thấp mức phát thải vào nửa sau của thế kỷ này; và (2) Giữ nhiệt độ toàn cầu không tăng quá 2°C và nỗ lực giới hạn mức tăng



Ngày nhận bài: 25/3/2024. Ngày phân biên đánh giá và sửa chữa: 25/3 - 22/4/2024.

Ngày bài báo được duyệt đăng: 24/4/2024.

ở mức 1,5°C. Thỏa thuận đã đạt được ngưỡng thông qua với hơn 55 quốc gia đại diện cho ít nhất 55% lượng phát thải khí nhà kính của thế giới đã phê chuẩn Thỏa thuận này. Tại COP26 năm 2021, 197 quốc gia tham gia Công ước khung của Liên hợp quốc về biến đổi khí hậu cũng đã thông qua Hiệp ước khí hậu tại Glasgow, Scotland (Vương quốc Anh) nhằm tái khẳng định duy trì mục tiêu hạn chế mức tăng nhiệt độ toàn cầu ở ngưỡng 1,5°C theo Thỏa thuận Paris và cam kết "tăng tốc các nỗ lực hướng tới giảm thiểu điện than và loại bỏ trợ cấp dành cho nhiên liệu hóa thạch có hiệu suất kém". Mục tiêu này đòi hỏi phải cắt giảm lớn lượng khí thải CO₂ nhanh chóng và bền vững, bao gồm giảm 45% lượng phát thải CO₂ vào năm 2030 so với mức năm 2010 và về "0" vào khoảng giữa thế kỷ, cũng như giảm sâu phát thải các khí nhà kính khác. Ngày 20/11/2022, Hội nghị lần thứ 27 các bên tham gia Công ước khung của Liên hợp quốc về biến đổi khí hậu (COP27), do Ai Cập đăng cai tổ chức tại thành phố Sharm El-Sheikh, đã thông qua thỏa thuận khí hậu tổng quát cuối cùng của COP27 tại phiên toàn thể bế mạc. Điều khoản đáng chú ý nhất trong thỏa thuận chung tại COP27 là việc các nước nhất trí thành lập quỹ "Tổn thất và Thiệt hại" để bù đắp cho các nước đang phát triển chịu ảnh hưởng nặng nề của hiện tượng thời tiết cực đoan do biến đổi khí hậu gây ra.

Các nhà máy lọc hóa dầu trên thế giới đang hướng tới việc sử dụng nguyên liệu sinh học, sản xuất hydrogen xanh, thu hồi và lưu trữ carbon và cải hoán/mở rộng các quy trình hiện có cùng với việc áp dụng các công nghệ tiên tiến. Một số nhà máy lọc hóa dầu đã kết hợp các hướng trên để tối đa hóa giá trị nguyên liệu thô đồng thời giảm lượng khí thải carbon.

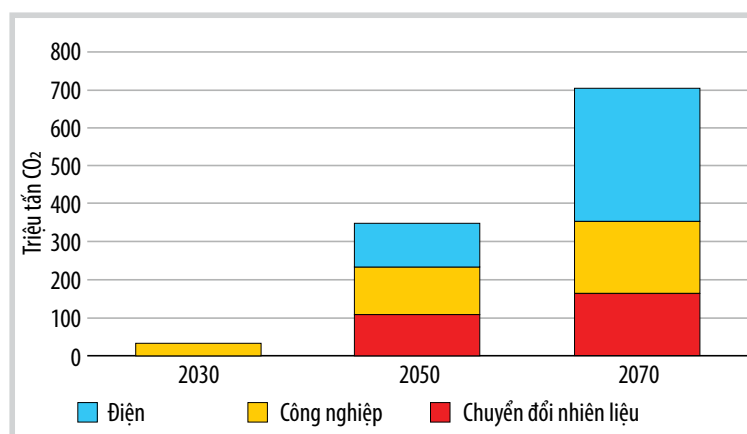
Để giảm khí thải carbon, các nhà máy lọc dầu trong tương lai có thể sử dụng các nguyên liệu tái tạo như sinh khối, mỡ động vật, dầu ăn đã qua sử dụng, dầu thực vật khác... Với các giải pháp thay thế bền vững này, các nhà máy lọc dầu có thể giảm đáng kể lượng khí nhà kính và góp phần giải quyết các thách thức về biến đổi khí hậu, có thể kể tới Nhà máy Lọc dầu Preemraff Lysekil ở Thụy Điển hay dự án chuyển đổi dầu diesel sinh học Vertex Energy Inc., Houston, Mỹ. Nhà máy Lọc dầu Preemraff Lysekil đã sử dụng nguyên liệu đầu vào là dầu nhiệt phân dựa trên sinh khối bằng công nghệ của Honeywell UOP LLC để sản xuất nhiên liệu sinh học với lượng carbon thấp [1]. Còn trong dự án chuyển đổi dầu diesel sinh học, phân xưởng hydrocracking của Nhà máy Lọc dầu Mobile (trước đây sản xuất olefin làm nguyên liệu sản xuất hóa dầu) sau khi được chuyển đổi, thiết bị hydrocracking sẽ có khả năng xử lý nhiều loại nguyên liệu sinh học bao gồm đậu nành

và đậu ngô, mỡ động vật, dầu thực vật phế thải và nhiều nguyên liệu khác [2].

Trong tương lai, nhà máy lọc dầu có thể tự sản xuất hydrogen, thu hồi và lưu trữ khí thải CO₂. Đây là một tiến bộ đáng kể để đạt được sự bền vững và giảm lượng khí thải của ngành công nghiệp lọc hóa dầu. Bằng cách đầu tư vào các công nghệ như sản xuất hydrogen từ điện phân và thu khí trực tiếp, các nhà máy lọc dầu có thể giảm thiểu sự phụ thuộc vào các nguồn bên ngoài và giảm lượng khí thải carbon. Hydrogen sạch có thể được sử dụng như một nguồn năng lượng sạch hơn, đồng thời thu hồi và lưu trữ CO₂ giúp giảm lượng khí thải và góp phần giảm thiểu biến đổi khí hậu. Nhiều công ty dầu khí đã bắt đầu đưa việc sản xuất hydrogen sạch vào các chiến lược và đầu tư giảm phát thải carbon của họ. Dự án H21 North of England của Cadent, Equinor và Northern Gas Networks đã tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình chuyển đổi toàn cầu sang nền kinh tế hydrogen bền vững 100% dự kiến vào năm 2100. Dự án này liên quan đến việc sử dụng các công nghệ phù hợp và kế hoạch sản xuất hydrogen cụ thể và trọng tâm chính của dự án là giai đoạn trước năm 2050. Với ước tính giảm được 12,5 triệu tấn khí thải CO₂ mỗi năm, dự án H21 cho thấy tiềm năng đáng kể của việc chống biến đổi khí hậu và cải thiện chất lượng không khí trong khu vực [3]. NorthH2 của Hà Lan là dự án sản xuất hydrogen lớn ở châu Âu được ra mắt vào năm 2020 sử dụng năng lượng gió ngoài khơi để sản xuất hydrogen xanh [4].

Bên cạnh đó, việc sử dụng công nghệ thu hồi và lưu trữ carbon (CCS) đã trở thành giải pháp đầy hứa hẹn để giảm thiểu phát thải khí nhà kính và giải quyết các thách thức về biến đổi khí hậu trong các ngành công nghiệp. CCS là sự kết hợp của các công nghệ thu giữ và lưu trữ CO₂ sâu dưới lòng đất, ngăn không cho CO₂ thải vào khí quyển. Bằng phương pháp này, lượng CO₂ thu được dự kiến sẽ tăng lên khoảng 35 triệu tấn vào năm 2030, 350 triệu tấn vào năm 2050 và hơn 700 triệu tấn vào năm 2070 ở châu Âu trong Hiệp ước phát triển bền vững (Hình 1).

Trong lĩnh vực xử lý khí tự nhiên, 2 nhà máy LNG triển khai công nghệ CCS trong các hoạt động thượng nguồn để tách CO₂ khỏi khí tự nhiên trước khi được đưa thu giữ và tồn trữ là Snøhvit LNG ở Na Uy và Gorgon LNG ở Australia. Quy trình CCS được triển khai tại Snøhvit cho thấy mức giảm đáng kể khí thải, 700.000 tấn CO₂ mỗi năm khi mở hoạt động hết công suất - tương đương với lượng khí thải do 280.000 ô tô tạo ra [6]. Gorgon là dự án CCS quan trọng ở Australia, tập trung vào việc giảm lượng khí CO₂ thải ra môi trường từ nhà máy chế biến khí tự nhiên, đồng thời tối đa hóa hiệu quả sử dụng năng lượng. Với



Hình 1. CCUS ở châu Âu trong Hiệp ước phát triển bền vững [5].

khả năng lưu trữ hơn 100 triệu tấn CO₂ trong suốt vòng đời của dự án, dự án Gorgon là một bước tiến quan trọng hướng tới sản xuất LNG bền vững [7].

Ngoài ra, CCS cũng có thể giúp thương mại hóa các mỏ khí chứa nhiều CO₂, nơi nồng độ CO₂ có thể lên tới 50%. Hiện tại, 14 trong số 19 cơ sở CCS quy mô lớn đang hoạt động sử dụng CO₂ để gia tăng sản lượng dầu (EOR) là phương pháp lưu trữ CO₂ vĩnh viễn. Dự án Port Arthur CCS đã triển khai thành công công nghệ CCS với mục đích giảm phát thải, tăng cường thu hồi dầu và sản xuất nhiên liệu đốt sạch hơn. Dự án đã đạt 3 triệu tấn CO₂ thu được để bơm qua EOR vào tháng 7/2016 và 4 triệu tấn vào tháng 9/2017 [8 - 10].

Bên cạnh đó, việc mở rộng và tối ưu hóa các quy trình, công nghệ cũng có vai trò quan trọng trong việc đạt được mục tiêu sản xuất sạch hơn. Các quy trình công nghệ như hydrocracking có thể được chuyển đổi để nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng và giảm lượng khí thải. Thông qua việc phát triển chất xúc tác tiên tiến và tối ưu hóa quy trình, các nhà máy lọc dầu có thể giảm thiểu tác động môi trường của các quy trình này đồng thời tối đa hóa sản lượng sản phẩm. Dự án năng lượng sinh học Great Falls nhằm cải tạo lại phân xưởng hydrocracking hiện có để sản xuất dầu diesel sinh học và xây dựng một nhà máy hydrogen xanh - sản xuất H₂ và O₂ bằng cách điện phân nước [10].

Trong lĩnh vực hóa dầu, vào năm 2018, White Energy và Occidental đã công bố kế hoạch thu giữ lượng khí thải CO₂ từ các cơ sở sản xuất ethanol của White Energy ở Trung Tây Hoa Kỳ. Trọng tâm của dự án này là thu giữ CO₂ tại các cơ sở sản xuất ethanol của White Energy ở Hereford và Plainview, Texas, đồng thời vận chuyển đến khu vực Permian, nơi Occidental sẽ sử dụng khí này trong các hoạt động tăng cường thu hồi dầu (EOR). Các cơ sở sản xuất ethanol do White Energy vận hành sản xuất khoảng 250 triệu gallon ethanol hàng năm, do đó có thể cung cấp tới 700.000 tấn CO₂ cho EOR [11]. White Energy sản xuất ethanol thông qua quá trình lên men đường và tinh bột. CO₂ là sản phẩm phụ của quá trình này. Sau khi ngưng tụ nước, CO₂ được tách ra, nén lại và bán cho Occidental. Sau đó,

Occidental vận chuyển CO₂ qua các đường ống và bơm vào các bể chứa dầu để tăng cường thu hồi dầu. Đồng thời, quá trình EOR cũng xử lý được phần lớn CO₂, đảm bảo lưu trữ lâu dài dưới lòng đất. Chi phí vốn của dự án ước tính khoảng 150 triệu USD và sẽ được sử dụng chủ yếu để đầu tư máy nén, hệ thống tách nước và đường ống CO. Occidental đã hợp tác với Carbon Engineering để cung cấp công nghệ thu giữ CO₂ trực tiếp từ không khí (DAC) độc quyền. Phương pháp này đã được chứng minh trên quy mô công nghiệp. Công nghệ thu giữ CO₂ trực tiếp từ khí quyển đã giải quyết vấn đề giảm khí thải CO₂ của các ngành công nghiệp từ lâu đã gặp khó khăn trong việc khử carbon như vận tải đường bộ, vận tải biển, hàng không vũ trụ và vận tải đường sắt. Việc sử dụng CCS trong sản xuất ethanol, được minh họa bởi sự hợp tác của White Energy với Occidental, chứng minh khả năng tồn tại và lợi ích của việc thu hồi và sử dụng carbon trong ngành lọc hóa dầu. Dự án không chỉ giúp giảm lượng khí thải CO₂ trong quá trình sản xuất ethanol mà còn thúc đẩy việc sử dụng CO₂ thu được một cách có trách nhiệm và bền vững.

Ngoài việc cải thiện các quy trình hiện có, các nhà máy lọc hóa dầu phải áp dụng công nghệ mới để thúc đẩy quá trình chuyển đổi bền vững. Công nghệ chu trình Allam tận dụng khí tự nhiên hoặc các nguồn nhiên liệu hóa thạch khác để sản xuất điện mà không phát thải khí carbon nhờ quy trình đặc biệt gọi là quá trình oxy-hydrocarbon (Allam Cycle) được phát triển bởi NetPower. Mặc dù được xem là tiềm năng trong việc giảm thiểu tác động lên môi trường, có khả năng tái sử dụng CO₂ và có thể áp dụng trong các nhà máy điện và các ngành công nghiệp khác để tạo ra điện và sản xuất nhiên liệu sạch nhưng công nghệ chu trình Allam vẫn đang trong quá trình phát triển, thử nghiệm và cần nghiên cứu, đánh giá thêm để đảm bảo tính khả thi và hiệu quả của công nghệ trong thực tế [12].

3. Kinh nghiệm thực hiện xanh hóa các nhà máy lọc hóa dầu trên thế giới

Xanh hóa các nhà máy lọc hóa dầu có vai trò quan trọng trong nỗ lực giảm thiểu tác động

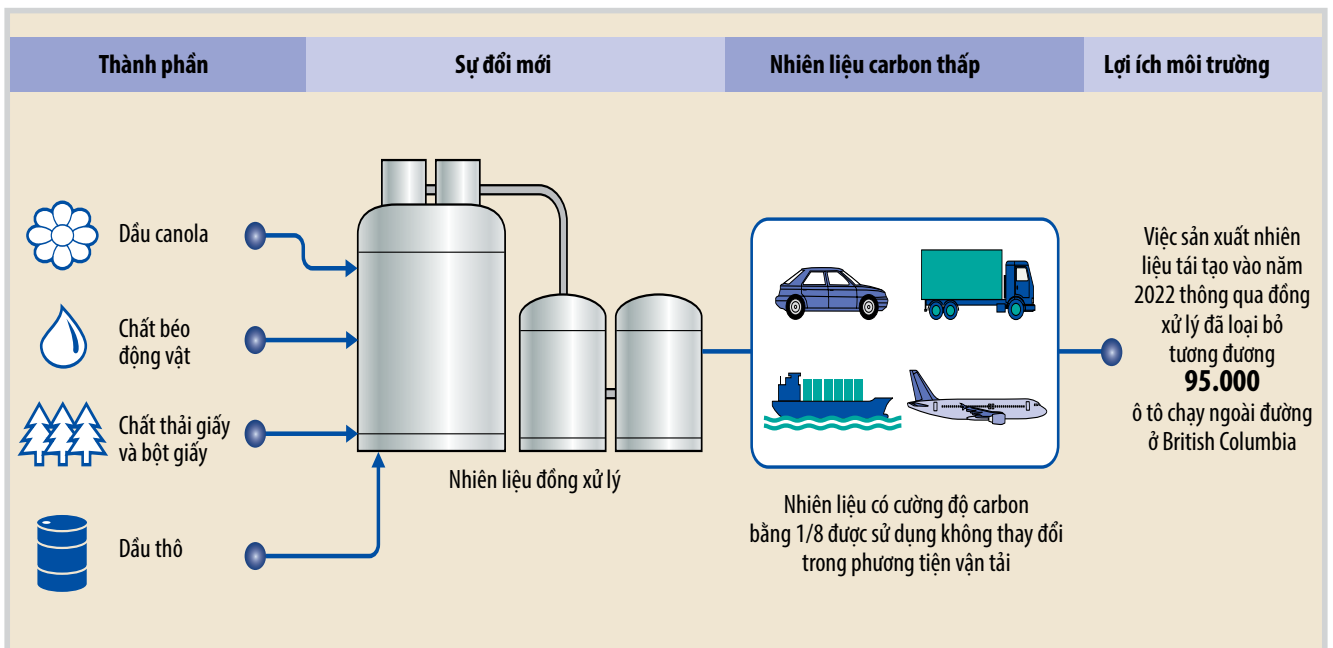
của ngành công nghiệp dầu mỏ đối với môi trường và biến đổi khí hậu. Một số kinh nghiệm và phương pháp đã được thực hiện xanh hóa ở một số nhà máy lọc hóa dầu trên thế giới được trình bày như bên dưới.

3.1. Tối đa hóa việc kết hợp sử dụng nguồn nguyên liệu tái tạo tại thiết bị cracking xúc tác (FCC)

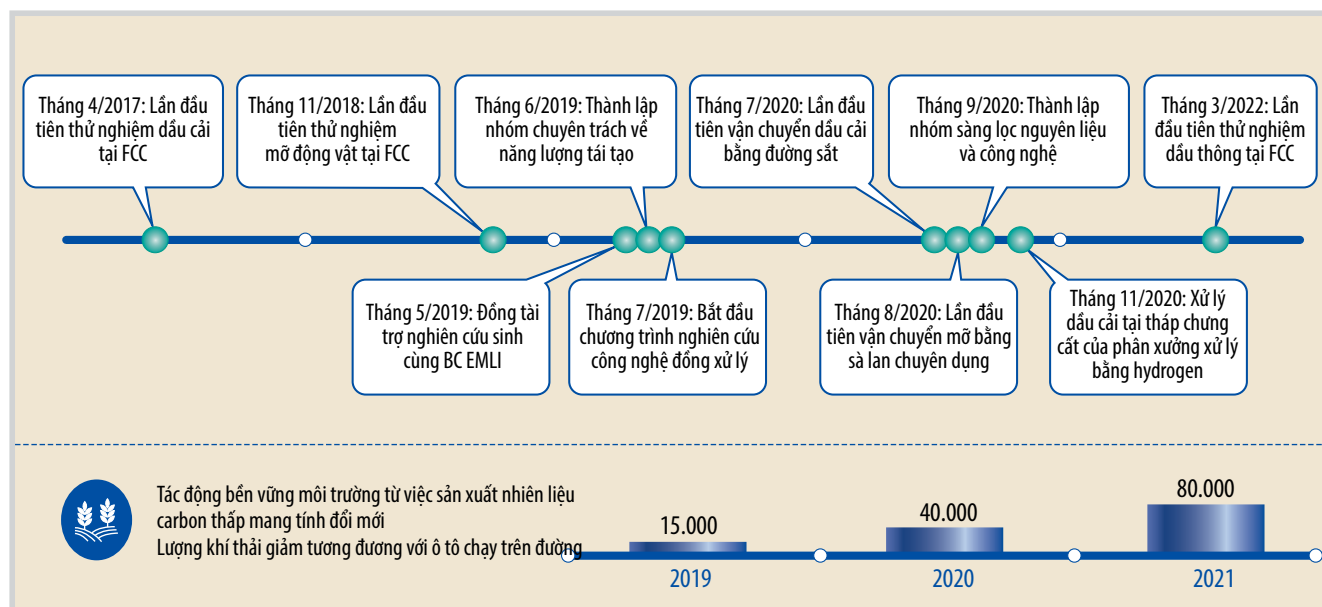
Phân xưởng cracking xúc tác là một trong những nguồn phát thải carbon lớn nhất trong các nhà máy lọc hóa dầu [9, 13]. Quá trình cracking xúc tác là quá trình chính để chuyển các hydrocarbon mạch dài trong dầu thô thành các sản phẩm mạch ngắn có giá trị hơn như xăng, propane, butane, olefin và dầu nhiên liệu. Để thực hiện quá trình này, cần sử dụng nhiệt và xúc tác zeolite. Trong quá trình cracking, coke được hình thành và tích tụ trên xúc tác dẫn đến giảm hoạt tính xúc tác. Để khôi phục hoạt tính của xúc tác, lớp coke cần được đốt cháy hay còn được gọi là quá trình tái sinh xúc tác. Quá trình này đã tạo ra một lượng khá lớn khí CO₂. Theo số liệu thống kê và ước tính, năm 2018, các phân xưởng FCC đã phát thải khoảng 42,4 triệu tấn CO₂ từ 81 cơ sở, trung bình khoảng 305.000 tấn mỗi cơ sở. Để giảm tác động môi trường của hoạt động lọc dầu, cần giảm thiểu phát thải và tối ưu hóa, cải tiến quá trình, công nghệ cracking [14]. Việc tiếp cận được nguồn nguyên liệu tái tạo sẽ tạo điều kiện thuận lợi nhằm giảm lượng phát thải CO₂ tại các nhà máy lọc hóa dầu.

Các nhà máy lọc hóa dầu đang tiến đến việc xử lý nguồn nguyên liệu tái tạo thông qua nhiều phương pháp khác nhau như: xây dựng các phân xưởng sản xuất diesel

tái tạo hoặc nhiên liệu máy bay bền vững mới; thực hiện xử lý đồng thời nguồn nguyên liệu tái tạo tại các phân xưởng xử lý bằng hydrogen hoặc tại các phân xưởng cracking xúc tác. Ngoài ra, một số trường hợp chuyển đổi, cải hoán các hệ thống, thiết bị hiện có để xử lý một phần nguồn nguyên liệu tái tạo. Tuy nhiên, việc xác định và đảm bảo nguồn cung cấp nguyên liệu tái tạo đáng tin cậy, ổn định cho các nhà máy lọc hóa dầu là thách thức cần giải quyết. Ngoài ra, quy định của các chính phủ có thể khác nhau dẫn đến sự không chắc chắn trên thị trường và tình trạng một số nơi xử lý nguồn nguyên liệu tái tạo có thể sinh lời trong khi ở những nơi khác thì không. Tại Burnaby (thuộc tiểu bang British Columbia, Canada), Parkland được chính phủ ủng hộ cho dự án sử dụng nguồn nguyên liệu tái tạo tại một phân xưởng cracking xúc tác. Trong đó, chính quyền tiểu bang ủng hộ nghiên cứu về lựa chọn các phân xưởng sử dụng nhiên liệu sinh học, trong khi đó hình phủ Canada đang phát triển các tiêu chuẩn riêng cho nhiên liệu sinh học. Bên cạnh đó, Parkland có chương trình hợp tác nghiên cứu với các trường đại học và doanh nghiệp như Đại học British Columbia hỗ trợ nghiên cứu sử dụng nguyên liệu sinh học, còn Công ty Grace đang triển khai hợp tác với Parkland để thử nghiệm việc sử dụng thí điểm nguyên liệu tái tạo tại FCC của một số nhà máy. Ngoài ra, Parkland hợp tác với nhà cung cấp nguyên liệu tái tạo uy tín Metro Vancouver của Canada để hỗ trợ nhà máy thử nghiệm chuyển hóa chất thải thành nguyên liệu sinh học. Hình 2 trình bày sơ đồ phân xưởng sử dụng các nguồn nguyên liệu sinh học để sản xuất ra nhiên liệu sạch, thân thiện với môi trường [15].



Hình 2. Sơ đồ phân xưởng sử dụng nhiên liệu sinh học [15].



Hình 3. Tiến trình thời gian thử nghiệm của Parkland [15].

Bảng 1. Ưu điểm và nhược điểm của quá trình kết hợp công nghệ (co-processing) so với xây dựng phân xưởng mới (renewable diesel plant)

Quy trình	Ưu điểm	Nhược điểm
Co-processing	<ul style="list-style-type: none"> Sử dụng cơ sở hạ tầng hiện có với vốn đầu tư thấp. Thời gian xây dựng ngắn. Có thể tận dụng nguồn nguyên liệu tái tạo. 	<ul style="list-style-type: none"> Thu được sản phẩm hỗn hợp. Khó theo dõi sản lượng. Công nghệ mới và do Parkland đang dẫn đầu về đổi mới và nghiên cứu nên có rủi ro về kỹ thuật dẫn đến có thể ảnh hưởng đến chuỗi cung ứng. Giới hạn pha trộn 5% SAF.
Renewable diesel plant	<ul style="list-style-type: none"> Có thể sản xuất nhiên liệu máy bay bền vững (SAF) cùng với dầu diesel tái tạo. Sử dụng 100% nguồn nguyên liệu tái tạo. Hiệu suất sản xuất của công nghệ đã được biết rõ. 	<ul style="list-style-type: none"> Đòi hỏi vốn đầu tư cao. Thời gian xây dựng dài hơn.

Khi nguyên liệu tái tạo được sử dụng tại một nhà máy lọc hóa dầu, lượng carbon phát thải sẽ thấp hơn, trong một số trường hợp thấp hơn đến 80% so với việc sử dụng nguyên liệu thông thường và có thể được sử dụng trong các phương tiện giao thông mà không cần thực hiện bất kỳ cải hoán nào. Vào năm 2017, Parkland đã thực hiện thử nghiệm thương mại đầu tiên với dầu cải tại phân xưởng cracking xúc tác FCC (Hình 3).

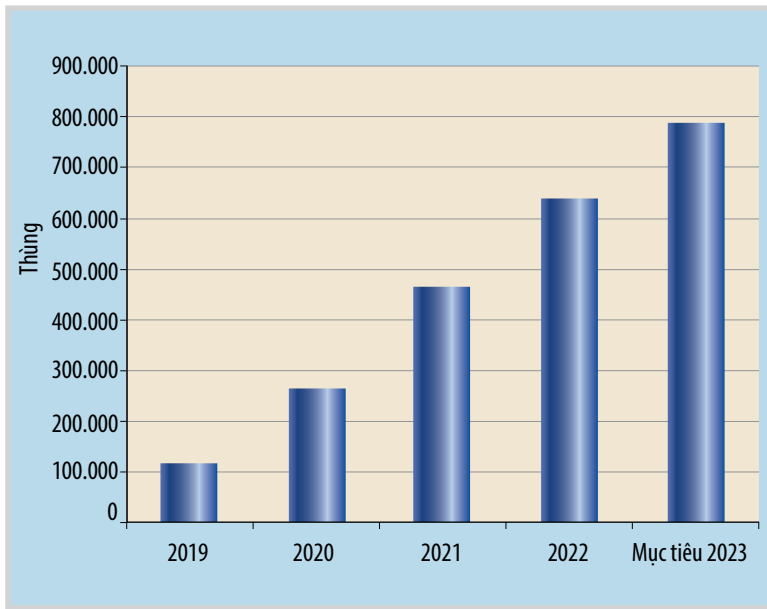
Cũng từ năm 2017, Parkland đã tăng dần việc sử dụng nguyên liệu tái tạo tại FCC. Tại Nhà máy Lọc dầu Parkland hiện nay, việc sử dụng nguồn nguyên liệu tái tạo tại FCC được duy trì với mức trên 10% thể tích và thường vượt quá 20% thể tích (Hình 4). Dự kiến đến năm 2026, Parkland đặt mục tiêu giảm lượng khí nhà kính lên đến 1 triệu tấn mỗi năm, tương đương với phát thải của hơn 350.000 chiếc ô tô. Để thực hiện mục tiêu này, Parkland đang nỗ lực để tăng cường việc sử dụng nguồn nguyên liệu tái tạo lên 40% thể tích tại FCC trong 4 năm tới và đặt mục tiêu xa hơn là xử lý 100% nguồn nguyên liệu tái tạo tại FCC.

Khi xác định được việc sử dụng nguồn nguyên liệu tái tạo trong sản xuất sẽ mang lại lợi ích kinh tế và tìm kiếm nguồn cung cấp nguyên liệu tái tạo đáng tin cậy cho nhà máy lọc dầu, cần giải quyết các vấn đề đặt ra như sau:

- Lựa chọn nguyên liệu tái tạo tại FCC hay xây dựng phân xưởng sản xuất diesel tái tạo mới?
- Phương pháp để quản lý rủi ro các hoạt động phát sinh từ việc xử lý nguồn nguyên liệu tái tạo?
- Tuân thủ các quy định và sử dụng vốn/nguyên liệu một cách hiệu quả nhất?

Để giải quyết vấn đề này, Parkland đã so sánh ưu điểm và nhược điểm của 2 quy trình đồng chế biến (co-processing) và đầu tư phân xưởng sản xuất diesel tái tạo mới (Bảng 1).

Do mức độ khan hiếm so với nguyên liệu thông thường tại Bắc Mỹ, các nghiên cứu về nguồn nguyên liệu tái tạo thường được các doanh nghiệp xem như là các bí



Hình 4. Năng suất của thiết bị cracking xúc tác tại Parkland [15].

quyết riêng, dẫn đến các nhà máy lọc dầu không dễ dàng tìm kiếm đủ thông tin và hiểu rõ việc sử dụng đồng thời 2 nguồn nguyên liệu tái tạo và hóa thạch tại phân xưởng cracking xúc tác. Sự thiếu hụt thông tin này kết hợp với mục tiêu tận dụng tối đa cơ sở hạ tầng hiện có và giảm thiểu rủi ro khiến cho các nhà máy lọc dầu gặp nhiều khó khăn trong việc sử dụng đồng thời 2 nguồn nguyên liệu tái tạo và hóa thạch. Xác định được vai trò quan trọng của kỹ thuật và nghiên cứu trong việc xử lý nguồn nguyên liệu tái tạo tại các phân xưởng cracking xúc tác FCC, Parkland và Grace đã ký "Thỏa thuận hợp tác năng lượng tái tạo" vào tháng 7/2021 để triển khai các quy trình thử nghiệm, quyền sở hữu phát triển xúc tác cũng như việc sử dụng dịch vụ nghiên cứu và phát triển. Thỏa thuận này giúp loại bỏ các rào cản về công nghệ này thông qua các cam kết lâu dài của 2 doanh nghiệp với mục tiêu thúc đẩy sự hiểu biết và khả năng sử dụng nguồn nguyên liệu tái tạo tại thiết bị FCC trên toàn thế giới.

Một số nhà máy lọc hóa dầu đã sử dụng kết hợp các hướng trên để tối đa hóa giá trị nguyên liệu thô trong quá trình lọc dầu và đồng thời giảm lượng khí thải carbon như: Dự án North West Redwater Partnership trong dự án Nhà máy lọc dầu Sturgeon ở Alberta, Canada; dự án chuyển đổi sản xuất diesel sinh học tại phân xưởng hydrocracking của Nhà máy lọc dầu Mobile sẽ cho phép xử lý các nguyên liệu sinh học đa dạng, góp phần sản xuất dầu diesel tái tạo. Để sử dụng các nguyên liệu sinh học và các công nghệ mới tiên tiến, Nhà nước cần có các quy định và chính sách hỗ trợ các hoạt động bền vững; doanh nghiệp cần đầu tư đáng kể vào công tác nghiên cứu, phát triển và triển khai mạnh mẽ trên thực tế.

3.2. Kinh nghiệm trong việc áp dụng công nghệ thu hồi, sử dụng và lưu trữ carbon

Theo số liệu thu thập, các quy trình công nghệ lọc hóa dầu là

nguồn gây phát thải carbon cao thứ hai, chiếm khoảng 34% lượng khí thải của toàn ngành dầu khí, trong đó phân xưởng cracking xúc tác và phân xưởng Reforming mê-tan có hơi nước (SMR) được cho là 2 công nghệ có nguồn phát thải carbon lớn nhất. Vì 2 công nghệ này tạo ra nguồn phát thải lớn nhất nên công nghệ CCUS là lựa chọn giảm thiểu tốt nhất cho đến hiện tại. Các nhà máy sản xuất hydrogen trong tương lai có thể tránh phát thải hoàn toàn bằng cách sử dụng điện phân thay vì sử dụng công nghệ SMR. Các nghiên cứu đã chỉ ra tiềm năng giảm thiểu phát thải carbon của CCUS với tỷ lệ thu hồi 90% lượng khí thải từ quá trình sản xuất, ước tính khả năng giảm khoảng 56 triệu tấn CO₂ mỗi năm [14].

Công nghệ CCUS bao gồm việc tách CO₂ ra khỏi dòng khí thải của quá trình sản xuất hoặc đốt cháy, sau đó có thể sử dụng hoặc lưu trữ CO₂ để tránh thải ra môi trường. Việc triển khai công nghệ CCUS đối mặt với nhiều thách thức, bao gồm kỹ thuật, chi phí đầu tư và vận hành, cũng như khả năng lưu trữ an toàn và bền vững của CO₂. Tuy nhiên, công nghệ CCUS vẫn là phương pháp quan trọng trong cuộc chiến chống biến đổi khí hậu và giúp giảm thiểu tác động của phát thải khí nhà kính lên môi trường [14].

Mặc dù CCUS đóng vai trò quan trọng trong việc thực hiện chuyển dịch năng lượng nhưng việc triển khai vẫn chưa thể tiến xa - chỉ có khoảng 20 cơ sở CCUS thương mại trên toàn thế giới. Kế hoạch cho hơn 30 cơ sở CCUS thương mại đã được thông báo trong những năm gần đây. Vào năm 2020, chính phủ và các doanh nghiệp Mỹ đã cam kết đầu tư hơn 4,5 tỷ USD cho CCUS [16]. Có nhiều yếu tố có thể giải thích tại sao triển khai CCUS diễn ra chậm, trong đó chi phí cao là một trong những lý do thường được đề cập nhiều nhất. Các nhận định thường cho rằng CCUS quá đắt đỏ, không thể cạnh tranh với điện gió và năng lượng mặt trời, đặc biệt khi chi phí của các loại năng lượng này đã giảm đáng kể trong thập kỷ qua. Đồng thời, các chính sách về biến đổi khí hậu - bao gồm giá carbon - chưa đủ mạnh để làm cho CCUS trở nên hấp dẫn về mặt kinh

tế. Tuy nhiên, việc bác bỏ công nghệ dựa trên lý do chi phí sẽ bỏ lỡ những điểm mạnh độc đáo của công nghệ này, khả năng cạnh tranh trong các lĩnh vực có liên quan đến phát thải carbon cũng có thể là tiềm năng để CCUS trở thành phương pháp quan trọng trong các giải pháp giảm phát thải khí carbon.

Trong báo cáo mới đây, IEA đã xác định 4 ứng dụng quan trọng mà CCUS có thể đóng góp vào quá trình chuyển đổi sang năng lượng sạch [17]:

- CCUS có thể được tích hợp vào các nhà máy điện và cơ sở công nghiệp hiện đang phát thải ước tính khoảng 8 tỷ tấn CO₂ vào năm 2050 - tương đương khoảng 1/4 tổng lượng phát thải hàng năm của ngành năng lượng hiện tại.
- CCUS có khả năng xử lý khí thải trong các lĩnh vực mà có ít lựa chọn khác, như sản xuất xi măng, thép, hóa chất, cũng như việc sản xuất nhiên liệu tổng hợp để sử dụng trong vận chuyển đường dài.
- CCUS cho phép sản xuất hydrogen có lượng carbon thấp từ các nguồn nhiên liệu hóa thạch ở những khu vực đặc biệt trên thế giới.
- CCUS có khả năng loại bỏ CO₂ từ khí quyển bằng cách kết hợp với năng lượng tái tạo hoặc trực tiếp thu giữ từ không khí.

Đóng góp của CCUS vào quá trình chuyển đổi sang năng lượng sạch sẽ không thể tránh khỏi sự khác biệt đáng kể tại các quốc gia và vùng lãnh thổ khác nhau. Thời gian, cách thức và địa điểm mà CCUS được áp dụng phụ thuộc vào nhiều yếu tố khác nhau, bao gồm: công suất và thời gian hoạt động của các nhà máy hiện có; nguồn nguyên liệu năng lượng trong nước (cả hóa thạch và tái tạo); chi phí và mức độ sẵn sàng của các công nghệ carbon thấp thay thế; tính khả dụng và khoảng cách đến các nguồn lưu trữ CO₂ từ nguồn phát thải và sự chấp nhận của công chúng đối với CCUS. Mức độ tham vọng về chống biến đổi khí hậu và ảnh hưởng của các chính sách liên quan cũng sẽ là những yếu tố quan trọng trong việc xác định vai trò của CCUS tại từng quốc gia.

Các yếu tố quốc gia và khu vực thuận lợi cho triển khai CCUS gồm:

- Chính sách và quy định: Các chính sách và quy định hỗ trợ, bao gồm khuyến khích tài chính, tiêu chuẩn khí thải và các khung pháp lý cho CCUS, có thể thúc đẩy việc triển khai công nghệ này.
- Tích hợp với nguồn năng lượng tái tạo: Các khu vực có nguồn năng lượng tái tạo dồi dào, chẳng hạn như gió

và năng lượng mặt trời, có thể tận dụng để cung cấp cho quá trình CCUS.

- Kết cấu công nghiệp: Các ngành công nghiệp có lượng khí CO₂ phát thải lớn như sản xuất điện hoặc luyện kim có thể tận dụng CCUS để giảm lượng khí thải.
- Khoảng cách đến nguồn lưu trữ: Các khu vực gần các nguồn lưu trữ an toàn và thích hợp để lưu trữ khí CO₂ như các lớp đất dưới lòng đất, có thể dễ dàng triển khai CCUS.
- Cơ sở hạ tầng hiện có: Các khu vực có cơ sở hạ tầng phù hợp, chẳng hạn như đường ống vận chuyển hoặc thiết bị lưu trữ khí CO₂, giúp giảm chi phí triển khai CCUS: Tận dụng các đường ống dầu mỏ hoặc khí đốt hiện có để vận chuyển khí CO₂; triển khai công nghệ hấp thụ và lưu trữ khí CO₂ tại các nhà máy sản xuất điện than hoặc điện khí để giảm khí thải; sử dụng CCUS tại các nhà máy lọc hóa dầu để thu giữ và lưu trữ khí CO₂ tạo ra trong quá trình sản xuất.
- Ưu đãi tài chính: Các hỗ trợ tài chính, bao gồm cả các khoản đầu tư công và khuyến mãi thuế, có thể hỗ trợ việc triển khai CCUS.
- Cam kết của chính phủ và doanh nghiệp: Sự ủng hộ từ phía chính phủ và doanh nghiệp về việc triển khai CCUS có thể đẩy nhanh quá trình này.
- Tính phù hợp với chiến lược khí nhà kính: CCUS có thể điều chỉnh với các chiến lược giảm khí nhà kính của quốc gia hoặc khu vực.

Những yếu tố này có thể ảnh hưởng đến sự thúc đẩy và triển khai công nghệ CCUS tại cấp quốc gia và khu vực.

3.3. Kinh nghiệm trong xanh hóa thông qua tái chế chất thải

Cùng với xu hướng chuyển dịch năng lượng, các hoạt động sản xuất nói chung cũng hướng đến nền kinh tế tuần hoàn với hoạt động tái chế để nâng cao hiệu quả sản xuất, giảm mức tiêu hao nguyên vật liệu, giảm thiểu chất thải và bổ sung nguồn nguyên liệu, góp phần đảm bảo phát triển bền vững. Các giải pháp về sản xuất nhiên liệu hàng không bền vững (SAF) từ nguyên liệu dầu thực vật đã qua sử dụng (UCO) và thu hồi và lưu giữ/sử dụng CO₂ (CCUS) cũng là những giải pháp thuộc nhóm xanh qua tái chế chất thải. Ngoài ra, trong nhóm giải pháp này, các nhà máy lọc dầu có thể xem xét thêm 2 hướng: (1) tái chế nhựa phế thải thông qua quá trình cracking hoặc nhiệt phân để sản xuất nhiên liệu và hóa chất; và (2) sử dụng CO₂ thu hồi từ khí thải để nuôi trồng vi tảo làm nguyên liệu để sản



Hình 5. Dự án điện phân hydrogen Refhyne 10 MW của Shell tại Nhà máy Lọc dầu Rhineland, Đức [18].

xuất các loại nhiên liệu và hóa chất. Đối với hướng (1), mặc dù một số công nghệ chế biến nhựa thải đã được thương mại hóa, song việc đảm bảo nguồn nguyên liệu nhựa phế thải là một vấn đề quan trọng cần giải quyết, đồng thời, có thể xem xét kết hợp với giải pháp CCUS khi triển khai. Đối với hướng (2), hiện tại, chi phí hấp thụ CO₂ sử dụng vi tảo (ABECCS) vẫn còn cao hơn so với các phương pháp truyền thống khác. Theo Colin M. Beal et al. (2018), chi phí cho ABECCS đạt khoảng 280 USD/tấn CO₂, gấp gần 6 lần so với phương pháp hấp thụ amine truyền thống (50 USD/tấn CO₂).

3.4. Kinh nghiệm sử dụng năng lượng tái tạo để sản xuất hydrogen xanh trong nhà máy lọc dầu

Việc sản xuất hydrogen trong công nghiệp nói chung và ngành chế biến dầu khí nói riêng đang dịch chuyển dần từ quá trình reforming khí thiên nhiên truyền thống sang quá trình điện phân nước sử dụng các nguồn năng lượng tái tạo để đảm bảo sự phát triển bền vững. Một số dự án theo xu hướng công nghệ điện phân nước đã và đang được triển khai có tính hiệu quả chủ yếu phụ thuộc vào chi phí năng lượng tiêu tốn cho quá trình điện phân. Shell là một trong những hãng đi tiên phong trong việc sản xuất GH₂ tại nhà máy lọc dầu. Dự án Refhyne sản xuất 1.300 tấn GH₂ mỗi năm với công suất máy điện phân 10 MW tại Nhà máy Lọc dầu Rheinland ở Wesseling, Cologne, Đức đã đi vào hoạt động vào tháng 7/2021. Công nghệ sử dụng cho dự án này là điện phân nước và dùng máy điện phân (Electroliser) dạng PEM (Polymer Electrolyte Membrane) sử

dụng năng lượng mặt trời và gió từ các nhà máy điện tái tạo của Shell. Shell đang triển khai kế hoạch mở rộng dự án để tăng công suất từ 10 MW lên 100 MW, tại địa điểm Rheinland, gần Cologne, nơi Shell cũng có kế hoạch sản xuất nhiên liệu hàng không bền vững (SAF) bằng cách sử dụng năng lượng tái tạo và sinh khối trong tương lai. Nhà máy có tổng mức đầu tư khoảng 20 triệu EUR (tương đương khoảng 23,7 triệu USD) trong đó có một nửa được tài trợ từ Liên minh châu Âu.

Theo thông tin từ Shell (Đức), giá GH₂ vẫn cao gấp 5 lần giá hydrogen hóa thạch, nhưng giá này có thể giảm một nửa bằng cách gia tăng quy mô và sử dụng hiệu quả chuỗi cung ứng, còn lại sẽ được bù đắp bằng các biện pháp can thiệp chính sách để hỗ trợ giá năng lượng tái tạo và giá carbon. Dự án này đã được đưa vào vận hành thực tế và công nghệ đã được kiểm chứng tại Nhà máy Lọc dầu Rheinland của Shell [18].

4. Kết luận

Nhà máy lọc hóa dầu theo xu hướng chuyển dịch năng lượng nhằm đáp ứng yêu cầu về sản xuất bền vững và thân thiện với môi trường sẽ tập trung vào việc chuyển hướng sang sử dụng nguyên liệu sinh học; sản xuất hydrogen xanh; thu hồi và lưu trữ

carbon; chuyển đổi, mở rộng trên cơ sở các quy trình hiện có và sử dụng công nghệ tiên tiến.

Để đạt được sự chuyển đổi của các nhà máy lọc dầu vào năm 2050 nhiều thách thức và vấn đề được đặt ra. Các nhà máy lọc hóa dầu đang tiến tới việc xử lý nguồn nguyên liệu tái tạo thông qua nhiều phương pháp, trong đó có thể kể đến như: xây dựng các phân xưởng sản xuất diesel tái tạo hoặc nhiên liệu máy bay bền vững mới; thực hiện xử lý đồng thời nguồn nguyên liệu tái tạo tại các phân xưởng xử lý bằng hydrogen hoặc các phân xưởng cracking xúc tác. Bên cạnh đó, một số trường hợp thực hiện việc cải hoán, chuyển đổi các hệ thống thiết bị hiện có để xử lý một phần nguồn nguyên liệu tái tạo. Tuy nhiên, việc xác định và đảm bảo nguồn cung cấp nguyên liệu tái tạo ổn định, đáng tin cậy cho các nhà máy lọc hóa dầu thường gặp phải những khó khăn nhất. Ngoài ra, các quy định của các chính phủ có thể khác nhau, điều này góp phần tạo ra một môi trường thương mại không chắc chắn, dẫn đến tình trạng một số nơi xử lý nguồn nguyên liệu tái tạo có thể sinh lời trong khi ở những nơi khác thì không. Việc áp dụng các nguyên liệu sinh học và các công nghệ mới tiên tiến đòi hỏi đầu tư đáng kể vào nghiên cứu, phát triển và triển khai. Các nhà máy lọc hóa dầu sẽ cần có các chính sách khuyến khích và hỗ trợ các hoạt động bền vững. Sự hợp tác giữa các bên liên quan trong ngành, Chính phủ và các tổ chức nghiên cứu sẽ rất quan trọng để thúc đẩy sự đổi mới và vượt qua các rào cản đối với sự thay đổi.

Tài liệu tham khảo

- [1] NS Energy, "Preemraff Lysekil refinery", 25/2/2020. [Online]. Available: <https://www.nsenenergybusiness.com/projects/preemraff-lysekil-refinery/>.
- [2] Oil and Gas Journal, "Vertex increases Q1 capex for renewable diesel conversion project", 14/4/2023. [Online]. Available: <https://www.ogj.com/refining-processing/refining/optimization/article/14292421/vertex-increases-q1-capex-for-renewable-diesel-conversion-project>.
- [3] Northern Gas Networks, "H21 North of England", 26/11/2018. [Online]. Available: <https://www.northerngasnetworks.co.uk/event/h21-launches-national/>.
- [4] RWE, "NortH2: A green hydrogen hub in Northwest Europe". [Online]. Available: <https://www.rwe.com/en/research-and-development/hydrogen-projects/north2/>.
- [5] Pantelis Capros, Alessia De Vita, Nikos Tasios, D. Papadopoulos, Pelopidas Siskos, E. Apostolaki, M. Zampara, L. Paroussos, K. Fragiadakis, and N. Kouvaritakis, "EU Energy, transport and GHG emissions trends to 2050 - Reference scenario 2013", 16/12/2013. [Online]. Available: https://energy.ec.europa.eu/system/files/2014-10/trends_to_2050_update_2013_0.pdf.
- [6] Offshore Technology, "Snøhvit gas field", 21/7/2002. [Online]. Available: <https://www.offshore-technology.com/projects/snohvit-field>.
- [7] Chevron, "Gorgon project overview", 25/9/2012. [Online]. Available: <https://chevroncorp.gcs-web.com/static-files/a41474b4-3776-4ebc-8c3d-d691d8dd82f8>.
- [8] Carolyn Preston, "The carbon capture project at air products' port Arthur hydrogen production facility", 14th Greenhouse Gas Control Technologies Conference, Melbourne, 21 - 26 October 2018. DOI: 10.2139/ssrn.3365795.
- [9] EPA, "Facility level information on GreenHouse gases tool (FLIGHT)", 2018. [Online]. Available: <https://ghgdata.epa.gov/ghgp/main.do#>.
- [10] Robert Brelsford, "Calumet lets EPC contract for Montana renewable diesel project", 8/9/2021. [Online]. Available: <https://www.ogj.com/refining-processing/refining/operations/article/14209922/calumet-lets-epc-contract-for-montana-renewable-diesel-project>.
- [11] White Energy, "Occidental petroleum and white energy to study feasibility of capturing CO₂ for use in enhanced oil recovery operations", 19/6/2018. [Online]. Available: <https://www.white-energy.com/occidental-petroleum-and-white-energy-to-study-feasibility-of-capturing-co2for-use-in-enhanced-oil-recovery-operations/>.
- [12] Sonal Patel, "NET power's first allam cycle 300-MW Gas-Fired project will be built in Texas", 10/11/2022. [Online]. Available: <https://www.powermag.com/net-powers-first-allam-cycle-300-mw-gas-fired-project-will-be-built-in-texas/>.
- [13] Güleç Fatih, Will Meredith, and Colin E. Snape, "Progress in the CO₂ capture technologies for fluid catalytic cracking (FCC) units - A review", *Frontiers in Energy Research*, Volume 8, 2020. DOI: 10.3389/fenrg.2020.00062.
- [14] Hélène Pilorgé, Noah McQueen, Daniel Maynard, Peter Psarras, Jiajun He, Teclé Rufael, and Jennifer Wilcox, "Cost analysis of carbon capture and sequestration of process emissions from the U.S. industrial sector", *Environmental Science & Technology*, Volume 54, Issue 12, pp. 7524 - 7532, 2020. DOI: 10.1021/acs.est.9b07930.

[15] Stefan Brandt, Drey Holder, and Gary Lee, "Maximising renewable feed co-processing at an FCC", *PTQ*, Volume 28, Issue 4, pp. 66 - 69, 2023. [Online]. Available: <https://ptqmagazines.digitalrefining.com/view/919358758/71/>.

[16] Adam Baylin-Stern and Niels Berghout, "Is carbon capture too expensive?", 17/2/2021. [Online]. Available: <https://www.iea.org/commentaries/is-carbon-capture-too-expensive>.

[17] IEA, "Energy technology perspective 2020", 2020. [Online]. Available: <https://www.iea.org/reports/energy-technology-perspectives-2020>.

[18] Refhyne, "Shell starts up Europe's largest PEM green hydrogen electrolyser", 2/7/2021. [Online]. Available: <https://www.refhyne.eu/shell-starts-up-europes-largest-pem-green-hydrogen-electrolyser>.

ENERGY TRANSITION TRENDS AND GREENIZATION EXPERIENCE OF SOME OIL REFINERIES AND PETROCHEMICAL PLANTS

Nguyen Huu Luong¹, Le Hong Nguyen¹, Lê Thanh Thanh²

¹Vietnam Petroleum Institute

²PetroVietnam University

Email: nguyenlh.pvpro@vpi.pvn.vn

Summary

The global oil refining and petrochemical industry is facing unprecedented challenges when it comes to meeting the increasing demand for fuel while addressing the urgent need to reduce carbon emissions.

This paper provides specific examples of the transformation potential of oil refineries worldwide by 2050, with significant changes in products, processes, and materials to achieve sustainability and reduce carbon emissions. Additionally, the authors also present experience in implementing greenization of companies and oil refineries around the world in the focus of transitioning to bio-based feedstock usage; green hydrogen production; carbon capture, utilization, and storage; converting and expanding the existing processes; and employing advanced technologies.

Key words: Carbon emission, energy transition, bio-based feedstocks, green hydrogen, CO₂.