



Tiềm năng áp dụng công nghệ tiên tiến xử lý kết hợp tuần hoàn và tái sử dụng nước thải công nghiệp hiện nay

HOÀNG THỊ KIM YẾN, LÊ VĂN GIANG

Viện Tài nguyên và Môi trường, Đại học Quốc gia Hà Nội

1. TỔNG QUAN VỀ NGÀNH CÔNG NGHIỆP Ở VIỆT NAM

Trải qua hơn 35 năm đổi mới và phát triển, ngành công nghiệp Việt Nam đã đóng vai trò quan trọng trong sự phát triển kinh tế của đất nước. Đây là một trong những ngành đóng góp lớn nhất cho ngân sách nhà nước, mà còn trở thành ngành xuất khẩu hàng đầu với tốc độ tăng trưởng ấn tượng. Với mục tiêu công nghiệp hóa và hiện đại hóa đất nước đến năm 2023, Việt Nam đang phấn đấu để thuộc nhóm 3 nước dẫn đầu khu vực ASEAN về công nghiệp. Đặc biệt, nhiều ngành công nghiệp đang phát triển có khả năng cạnh tranh trên thị trường quốc tế và tham gia sâu vào chuỗi giá trị toàn cầu. Với tầm nhìn đến năm 2045, Việt Nam hướng tới trở thành một nước công nghiệp phát triển hiện đại.

Theo Bộ Công Thương, chỉ số sản xuất công nghiệp trong hai tháng đầu năm 2024 tăng 5,7% so với cùng kỳ năm trước. Các ngành sản xuất hóa chất và sản phẩm hoá chất tăng mạnh nhất (lên đến 27,7%); sản xuất than cốc và sản phẩm dầu mỏ tinh chế (tăng 25,3%); sản xuất sản phẩm từ cao su và nhựa (tăng 24,3%); đồ nội thất (tăng 23,4%); thuốc và dược phẩm (tăng 23,2%); thiết bị điện (tăng 22,1%); dệt may (tăng 17,6%). Cơ cấu ngành công nghiệp Việt Nam đa dạng, bao gồm 4 nhóm ngành cơ bản và hơn 29 ngành công nghiệp khác nhau. Trong đó, ngành công nghiệp chế biến, chế tạo chiếm tỷ trọng lớn nhất trong GDP (24,7%), tiếp theo là sản xuất và phân phối điện (3,99%), công nghiệp khai khoáng (2,82%) và cung cấp nước (0,49%). Tỷ trọng này của các nhóm ngành công nghiệp có xu hướng tăng cao qua các năm, ví dụ như tỷ trọng trong GDP của ngành công nghiệp chế biến, chế tạo tăng từ 20,96% năm 2015 lên 26,4% năm 2023 [1].

Cuối năm 2022, Việt Nam có tổng cộng 412 Khu công nghiệp (KCN), trên diện tích đất tự nhiên khoảng 129,8 nghìn ha. Trong số này, đã có 293 KCN đi vào hoạt động, chiếm diện tích đất tự nhiên khoảng 92,2 nghìn ha và 119 KCN đang trong quá trình xây dựng, với tổng diện tích đất tự nhiên khoảng 37,5 nghìn ha. Các KCN và khu kinh tế đã thu hút dự án đầu tư từ 65 quốc gia và vùng lãnh thổ, đặc biệt là từ Hàn Quốc (khoảng 2.500 dự án), Nhật Bản (hơn 1.500 dự án) và Singapore (gần 450 dự án).

Trên cả nước, 5 tỉnh/thành phố có nhiều KCN hoạt động nhất bao gồm: Đồng Nai, Bình Dương, TP. Hồ Chí Minh, Long An và Bắc Ninh. Đặc biệt, Đồng Nai hiện là tỉnh có số lượng KCN hoạt động nhiều nhất, với 31 KCN.



▲ Hình 1. Cơ cấu nền kinh tế năm 2023
(Nguồn: Tổng cục Thống kê)

Bình Dương là tỉnh có diện tích KCN lớn nhất cả nước, với tổng diện tích 12.721 ha, chiếm 1/4 diện tích KCN toàn miền Nam và 13% diện tích KCN trên toàn quốc [2]. Số lượng lao động ngành công nghiệp tăng dần qua các năm và chiếm tỷ trọng lớn nhất trong các ngành kinh tế. Sự phát triển của ngành công nghiệp đã góp phần quan trọng vào sự phát triển chung của đất nước, nâng cao đời sống vật chất và tinh thần của người dân. Tuy nhiên, sự phát triển mạnh mẽ của ngành công nghiệp cũng gây các nguy cơ ô nhiễm môi trường. Đây là một thách thức lớn trong việc đảm bảo sự cân bằng giữa phát triển kinh tế và bảo vệ môi trường (BVMT) bền vững.

2. THỰC TRẠNG Ô NHIỄM Ở CÁC NGÀNH CÔNG NGHIỆP HIỆN NAY

Trong ngành công nghiệp, nước không chỉ là một nguồn tài nguyên quan trọng mà còn đóng vai trò không thể thiếu trong mọi khía cạnh của quá trình sản xuất. Tuy nhiên, cùng với sự gia tăng về sản xuất công nghiệp, lượng nước thải phát sinh sau quá trình sản xuất cũng tăng lên đáng kể. Điều này đặt ra một thách thức lớn đối với việc xử lý nước thải công nghiệp, đặc biệt là khi mỗi ngành công nghiệp có các yêu cầu về tính chất và thành phần nước thải đặc biệt riêng. Đặc điểm đa dạng và phức tạp của các ngành công nghiệp, cùng với sự biến đổi liên tục của quy trình sản xuất và công nghệ, làm cho việc tìm kiếm giải pháp xử lý nước thải công nghiệp trở nên khó khăn và cấp bách hơn bao giờ hết. Để đáp ứng được nhu cầu này, các nhà nghiên cứu và doanh nghiệp phải không ngừng nỗ lực để phát triển, áp dụng công nghệ xử lý nước thải tiên tiến, hiệu quả nhất, đồng thời cũng cần theo dõi, điều chỉnh quy trình theo sự tiến bộ của khoa học và công nghệ.

Theo Báo cáo Hiện trạng môi trường năm 2021 (Bộ TN&MT), tại Việt Nam, có hơn 284 KCN đang hoạt động. Trong số này, có 90,69% đã được trang bị hệ thống xử lý nước thải tập trung. Tuy nhiên, vẫn còn 698 Cụm công



ngiệp (CCN) chưa có giải pháp xử lý nước thải bền vững [2]. Thống kê từ các cơ quan chức năng cho thấy mỗi ngày có hơn 1.000.000 m³ nước thải được xả ra từ các KCN, CCN. Đáng lo ngại là khoảng 75% trong số này không được xử lý và được thải trực tiếp ra môi trường, gây ra những tác động tiêu cực đến sức khỏe của con người và hệ sinh thái. Đặc biệt, một số ngành công nghiệp như hóa chất, phân bón, khai thác chế biến khoáng sản phát sinh ra lượng nước thải lớn xả ra môi trường chứa nhiều chất độc hại như: chất hữu cơ, chất rắn lơ lửng, kim loại nặng, axit, kiềm và các hợp chất phenol được clo hóa...

Ở Hà Nội, tổng lượng nước thải mỗi ngày là hơn 300.000 m³, trong đó nước thải công nghiệp chiếm 27-30%, tương đương với 85.000-90.000 m³/ngày[3]. TP. Việt Trì đang xả khoảng 100.000 m³ nước thải mỗi ngày vào sông Hồng, trong đó có nước thải công nghiệp chiếm 30%. Cụ thể, Nhà máy giấy Bãi Bằng đang thải ra sông Hồng 55.000 m³/năm, chứa các chất thải độc hại như lignin, sulfua hữu cơ, acid béo... Tại Lâm Thao, mỗi ngày thải ra sông Hồng khoảng 50.000 m³ nước thải, chủ yếu là từ hoạt động sản xuất công nghiệp. Nhà máy Super photphat Lâm Thao hàng năm thải ra sông Hồng khoảng 2.000 tấn H₂SO₄. TP. Hồ Chí Minh, lượng nước thải công nghiệp xả ra môi trường mỗi ngày là 400.000 m³ [3]. Nhiều nghiên cứu đã cảnh báo về nguy cơ lắng đọng và tích tụ các kim loại nặng trong các nguồn nước gần các khu công nghiệp và đô thị. Thực tế, đã xảy ra nhiều trường hợp sai phạm từ các doanh nghiệp trong việc xử lý nước thải công nghiệp, gây nghiêm trọng hóa môi trường. Ví dụ, vào năm 2008, Công ty Vedan bị phát hiện có 10 sai phạm, với lượng nước thải ô nhiễm công nghiệp đổ ra sông Thị Vải lên đến 105.600 m³/tháng [4]. Các chỉ số ô nhiễm trong nước thải như COD vượt quá 44,7 lần, BOD₅ vượt quá 17 lần, gây ô nhiễm trên 40 km sông Thị Vải, ảnh hưởng đến sức khỏe và chất lượng cuộc sống của người dân địa phương [4].

Vào tháng 4/2010, Công ty Tung Kuang tại Hải Dương, có vốn đầu tư 100% từ Đài Loan, Trung Quốc, đã bị cảnh sát môi trường bắt quả tang xả thẳng nước thải chưa qua xử lý ra môi trường. Nước thải từ doanh nghiệp này chứa nhiều hóa chất độc hại như Cr⁶⁺ vượt gấp 10 lần tiêu chuẩn cho phép, mangan, sắt... đều có hàm lượng vượt quy định [4]. Thành phần của nước thải công nghiệp phụ thuộc chủ yếu vào loại hình sản xuất của ngành công nghiệp đó, được tổng hợp trong Bảng 1, có thể phân chia thành hai loại chính là nước thải vô cơ và nước thải hữu cơ.

Bảng 1. Các loại hình sản xuất công nghiệp và tác nhân gây ô nhiễm chính

TT	Loại hình sản xuất công nghiệp	Loại ô nhiễm chính
1	Giấy và bột giấy	COD, BOD ₅ , SS, sulfít, NH ₃ , cặn hòa tan, vi khuẩn...
2	Thịt, sữa, các sản phẩm từ thịt, sữa	pH, BOD ₅ , chất rắn hòa tan, cặn lắng, NH ₃ , NO ₃ , dầu mỡ, vi khuẩn...
3	Chế biến hải sản	pH, BOD ₅ , COD, SS, Cl, cặn hòa tan, cặn lắng, dầu, Coliform...
4	Đường	pH, BOD COD, SS NO ₃ , Ecoli, nhiệt...
5	Chế biến cao su	BOD COD, nitơ, chất hoạt động bề mặt, lưu huỳnh, phenol, crom, dầu mỡ...
6	Dệt nhuộm	BOD COD, SS, màu, dầu mỡ, Cu, Cr, Zn
7	Mạ điện	Kim loại nặng, CN, axit, SS, cặn hòa tan...
8	Thuộc và chế biến da	BOD COD, SS, màu, kiềm, độ cứng, NaOH, SO ₃ , S, dầu mỡ...
9	Xà phòng và chất tẩy rửa	BOD COD dầu mỡ chất hoạt động bề mặt, SS, pH...

Nước thải công nghiệp vô cơ thường có nguồn gốc từ các ngành công nghiệp chính như khai thác than, sản xuất

thép, khai thác khoáng sản phi kim loại, luyện sắt và mạ điện, cũng như gia công kim loại chứa axit hoặc dung dịch kiềm, crom, niken, kẽm, cadimi, chì, sắt và titan... Chất thải công nghiệp vô cơ thường chứa nhiều kim loại có giá trị kinh tế cao, có thể thu hồi và tái sử dụng trong quá trình tái chế. Việc này không chỉ giảm lượng chất thải đến môi trường, mà còn giúp tiết kiệm tài nguyên thiên nhiên và giảm áp lực lên việc khai thác tài nguyên mới.

Nước thải công nghiệp hữu cơ chủ yếu phát sinh từ các ngành công nghiệp và nhà máy sản xuất dược phẩm, thực phẩm, thuốc nhuộm hữu cơ, keo và chất kết dính, xà phòng, chất tẩy rửa tổng hợp, thuốc trừ sâu và thuốc diệt cỏ, sản xuất giấy và xenlulo, nhà máy bia và các nhà máy lên men... Chúng thường được ưu tiên loại bỏ thông qua xử lý sơ bộ, sau đó là xử lý sinh học.

Bảng 2. Tính chất nước thải của các lĩnh vực sản xuất điển hình

TT	Chỉ tiêu	Đơn vị	Lĩnh vực sản xuất			QCVN 40:2011/ BTNMT cột A
			Luyện kim	Dệt nhuộm	Chế biến thủy sản	
1	pH	-	6	8,6-9,8	6-8	5,5-9
2	TSS	mg/l	150	69-380	388-452	50
3	Độ màu	Pt/Co		350-3710		50
4	BOD	mgO ₂ /l	100	200-1450	1000-1800	30
5	COD	mgO ₂ /l	140	360-2448	1500-2800	75
6	TP	mg/l		0,9-37,2	6-10	4
7	TN	mg/l		22-43		20
8	Cr	mg/l		0,093-0,364		0,05
9	As	mg/l	2,6	KPH-0,013	-	0,05
10	Cd	mg/l	0,6	KPH-0,0003	-	0,05
11	Cu	mg/l	15	-	-	2
12	Pb	mg/l	21,3	KPH-0,007	-	0,5
13	Zn	mg/l	3,5	-	-	3
14	Fe	mg/l	18,4	-	-	1
15	Mn	mg/l	7,2	-	-	0,5
16	Dầu mỡ	mg/l		-	150-250	5
17	Coliform	MPN/100ml	5000	-	-	3000

3. CÔNG NGHỆ TIỀN TIẾN XỬ LÝ KẾT HỢP TUẦN HOÀN VÀ TÁI SỬ DỤNG NƯỚC THẢI CÔNG NGHIỆP TẠI VIỆT NAM

Ngày nay, việc tuần hoàn và tái sử dụng nước thải công nghiệp ở Việt Nam đã trở thành một ưu tiên được quan tâm và triển khai rộng rãi. Điều này nhằm hướng đến mục tiêu vào năm 2035, ngành công nghiệp của Việt Nam sẽ phát triển theo hướng thân thiện với môi trường, hướng tới một ngành công nghiệp xanh và kết hợp với xu hướng kinh tế tuần hoàn. Đồng thời, việc này cũng sẽ góp phần quan trọng vào việc thực hiện cam kết của Chính phủ tại Hội nghị COP-26, với mục tiêu đưa phát thải ròng của Việt Nam về mức “0” vào năm 2050.

Đối với các doanh nghiệp, việc giải quyết vấn đề về tuần hoàn và tái sử dụng nước thải đang được coi là một ưu tiên quan trọng. Ví dụ, nhà máy Heineken Việt Nam đã đặt mục tiêu đến năm 2025 là 100% nước được tái sử dụng (nghĩa là trả lại tự nhiên lượng nước tiêu thụ cho sản phẩm và lượng nước bốc hơi trong quá trình sản xuất), 100% sử dụng năng lượng tái tạo và không còn chất thải chôn lấp [5].

Cũng như vậy, Khu liên hiệp sản xuất gang thép Formosa Hà Tĩnh và Hòa Phát Dung Quất đã đầu tư vào hệ thống công nghệ lò cao liên động khép kín 100%, cho phép



xử lý toàn bộ chất thải rắn, khí thải, bụi và nước thải đạt các tiêu chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất thải công nghiệp sản xuất thép, đồng thời tái sử dụng 100% nước thải [6].

Tại Công ty TNHH MTV Thiên Mã ở KCN dịch vụ thủy sản Thọ Quang (quận Sơn Trà, Đà Nẵng), việc áp dụng việc tái sử dụng và tuần hoàn nước thải công nghiệp đã mang lại hiệu quả kinh tế rõ rệt. Với công suất tái sử dụng nước thải sau xử lý 15 m³/ngày, Công ty đã giảm 130.000 đồng/ngày chi phí đầu nối và xử lý nước thải (8.600 đồng/m³), cũng như giảm chi phí tiền nước phải trả (15.000 đồng/m³), đồng thời có căn cứ để giảm thuế sử dụng tài nguyên [7].

Với những tiến bộ vượt bậc trong lĩnh vực công nghệ môi trường, hiện nay các giải pháp kỹ thuật đã sẵn sàng, có thể tích hợp để đưa ra những phương án kỹ thuật phù hợp trong từng công đoạn xử lý để đạt được mục tiêu nước thải sau khi qua các trạm xử lý tập trung không phải thải ra nguồn tiếp nhận mà được đưa qua quy trình xử lý nâng cao để tái sử dụng và tuần hoàn nước cho các quá trình sản xuất cần thiết. Các công nghệ điển hình được áp dụng để xử lý nâng cao cho mục đích tuần hoàn và tái sử dụng nước thải công nghiệp như:

Công nghệ màng lọc (MF, NF, UF và RO): Là một phương pháp xử lý nước được sử dụng rộng rãi trong việc loại bỏ các hạt bẩn, vi khuẩn, vi rút và các chất hóa học từ nước thải hoặc nước cần xử lý. Phương pháp này sử dụng màng lọc có kích thước chất lọc khác nhau để ngăn chặn các chất ô nhiễm, cho phép nước sạch thông qua màng và các chất ô nhiễm bị giữ lại hoặc loại bỏ [11]. Ưu điểm của công nghệ này là hiệu suất lọc cao, khả năng loại bỏ đa dạng các chất ô nhiễm, dễ quản lý và vận hành, thích hợp cho nhiều quy mô. Nhược điểm là chi phí đầu tư ban đầu cao, cần bảo trì, thay thế định kỳ để đảm bảo hiệu suất lọc và tránh tắc nghẽn. Màng lọc có thể bị hỏng hóc do các yếu tố như áp suất cao hoặc pH thay đổi, phát sinh các chất hóa học có hại. Một số hệ thống lọc màng yêu cầu năng lượng cao để tạo áp suất cần thiết cho quá trình lọc, điều này có thể làm tăng chi phí vận hành.

Công nghệ xử lý sinh học: Đây là phương pháp xử lý nước thải sử dụng các quá trình tự nhiên hoặc các vi sinh vật để loại bỏ các chất ô nhiễm từ nước thải [11]. Ưu điểm là thân thiện với môi trường, chi phí vận hành thấp, hiệu suất cao trong việc loại bỏ các chất hữu cơ, khả năng xử lý đa dạng các loại nước thải, thường có tính ổn định cao và có thể hoạt động trong thời gian dài mà không cần nhiều sự can thiệp hoặc bảo trì đặc biệt. Nhược điểm là thời gian xử lý dài, khả năng bị ảnh hưởng bởi điều kiện môi trường như thời tiết khắc nghiệt hoặc biến đổi môi trường, yêu cầu không gian lớn, tạo bùn hoặc khí thải thứ cấp, trong điều kiện môi trường cực đoan hoặc với các loại nước thải đặc biệt nặng, hiệu suất của hệ thống xử lý sinh học có thể giảm đi đáng kể.

Công nghệ oxy hóa bậc cao: Là phương pháp xử lý nước thải sử dụng các chất oxy hóa mạnh như clo, ôzôn, hay peroxit để tiêu diệt các chất hữu cơ, vi khuẩn, vi rút, và loại bỏ các chất ô nhiễm từ nước thải [11]. Ưu điểm: Loại bỏ hiệu quả các chất hữu cơ phức tạp, tiêu diệt vi khuẩn và vi rút, giảm thiểu thời gian xử lý so với một số phương pháp khác, đặc biệt là trong việc loại bỏ các chất ô nhiễm hữu cơ đặc biệt khó phân hủy. Phương pháp oxy hóa bậc cao có thể

áp dụng hiệu quả cho nước thải có độ ô nhiễm cao và đa dạng, bao gồm cả nước thải công nghiệp và nước thải sinh hoạt. Quá trình oxy hóa bậc cao có thể dễ dàng được điều chỉnh và kiểm soát để đảm bảo hiệu suất xử lý tối ưu và giảm thiểu rủi ro về sự ô nhiễm môi trường. Nhược điểm: Phương pháp oxy hóa bậc cao đòi hỏi một khoản đầu tư ban đầu lớn cho thiết bị và vận hành, đặc biệt là trong việc sử dụng các chất oxy hóa như ôzôn hoặc clo, có chi phí cao. Quá trình oxy hóa có thể tạo ra các chất phụ phẩm có hại như các chất hữu cơ halogen hoặc các chất độc hại khác, đòi hỏi việc xử lý phụ thuộc để đảm bảo an toàn cho môi trường, yêu cầu kỹ thuật cao, việc vận hành và bảo trì các hệ thống oxy hóa bậc cao yêu cầu kiến thức kỹ thuật cao và quản lý chặt chẽ để đảm bảo hoạt động hiệu quả và an toàn.

Về mặt tổng quát, việc loại bỏ các hợp chất ô nhiễm hữu cơ, các kim loại nặng ra khỏi nước thải công nghiệp bằng các phương pháp xử lý trên vẫn chưa phải là giải pháp tối ưu. Nhược điểm của các giải pháp này là tạo ra chất thải thứ cấp như bùn hoặc khí thải, có thể gây ô nhiễm môi trường nếu không được kiểm soát và xử lý, cần trình độ kỹ thuật cao khi vận hành, chưa tuần hoàn nước hiệu quả, gây lãng phí tài nguyên nước và không đạt được mục tiêu thu hồi và tái sử dụng các nguồn tài nguyên có giá trị [8].

Công nghệ FBR-Fenton (tăng sôi): Đây là công nghệ xử lý nước thải công nghiệp tiên tiến nhất hiện nay, đang nổi lên như một giải pháp tiềm năng đáng chú ý. Công nghệ này kết hợp sự linh hoạt của giường phản ứng phân tán và hiệu quả của quá trình Fenton, một phương pháp oxy hóa tiên tiến.



▲ Hình 2. Sơ đồ miêu tả phản ứng đồng thể và dị thể xử lý nước thải tại Nhà máy

Công nghệ FBR-Fenton dựa trên quá trình oxy hóa tăng cường các chất hữu cơ khó phân hủy trong nước thải bằng chất xúc tác $\text{FeOOH} + \text{H}_2\text{O}_2$, quá trình này kết hợp đồng thời hai phản ứng quan trọng đó là phản ứng đồng thể và phản ứng dị thể được miêu tả như trong Hình 2. Ưu điểm của công nghệ FBR-Fenton so với công nghệ Fenton truyền thống là giảm đến 50% lượng Fe^{2+} và NaOH sử dụng, giảm hơn 60% lượng bùn thải phát sinh [9]. Ngoài ra, công nghệ FBR-Fenton không đòi hỏi các quá trình keo tụ, kết tủa và lắng nên giảm diện tích xây dựng các công trình xử lý nước thải kèm theo, trong quá trình phản ứng dị thể tạo ra hạt FeOOH , là một trong những vật liệu gốc sắt phổ biến rộng rãi và có nhiều trên trái đất, nổi lên như một chất xúc tác không đồng nhất đầy hứa hẹn trong quá trình oxy hóa bậc cao nhờ chi phí thấp, không độc hại, sẵn có, thân



thiện với môi trường và độ ổn định tương đối. Trong khi đó, Fe(III) của FeOOH có thể được thay thế bằng các loại kim loại hóa trị hai và hóa trị ba, do đó tạo điều kiện thuận lợi cho việc cố định và phân tán đồng đều các kim loại pha tạp. Ngoài ra, vùng điện hóa hẹp (1,9-2,2 eV, pH=7) của FeOOH khiến nó trở thành chất bán dẫn phù hợp cho các ứng dụng xúc tác quang không đồng nhất để loại bỏ các chất ô nhiễm hữu cơ khỏi nước thải [10]. Do đó, chất lượng nước sau quá trình FBR-Fenton đạt quy chuẩn xả thải cột A, QCVN 40:2011/BTNMT, tỷ lệ tái sử dụng trên 90% lượng nước thải từ nhà máy sản xuất sau khi xử lý, trở thành một mục tiêu khả thi, mang lại lợi ích về mặt tài chính thông qua giảm thiểu nhu cầu sử dụng nước sản xuất và giảm lượng nước thải xả ra môi trường.



▲ Hình 3. Các dự án ứng dụng công nghệ FBR-Fenton xử lý nước thải công nghiệp tại Việt Nam

Như vậy, tiềm năng áp dụng công nghệ tiên tiến FBR-Fenton trong xử lý kết hợp tuần hoàn và tái sử dụng nước thải công nghiệp là rất lớn, đảm bảo việc thu gom, xử lý và tái sử dụng nguồn nước thải, đồng thời góp phần BVMT, thúc đẩy mô hình kinh tế tuần hoàn.

4. KẾT LUẬN

Ngành công nghiệp ở Việt Nam đang phát triển nhanh chóng và đa dạng hóa của các lĩnh vực sản xuất, từ chế biến thực phẩm, dệt may, điện tử đến công nghiệp hóa chất và công nghiệp chế biến. Tuy nhiên, điều này cũng đi kèm với một thực trạng gây ô nhiễm môi trường nghiêm trọng. Việc xả thải từ các nhà máy và cơ sở sản xuất gây ra nhiều vấn đề đối với môi trường, như ô nhiễm nước, đất và không khí.

Để giải quyết thực trạng ô nhiễm này, việc cấp thiết là cần áp dụng các công nghệ xử lý nước thải tiên tiến kết hợp tuần hoàn và tái sử dụng nước thải công nghiệp đang trở thành một bài toán khó tại Việt Nam. Thông qua việc áp dụng các công nghệ mới và sáng tạo, chúng ta có thể xử lý nước thải từ các nhà máy và cơ sở sản xuất một cách hiệu quả, đồng thời tái sử dụng nước đã qua xử lý để giảm thiểu tác động lên tài nguyên nước và môi trường. Điều này không chỉ giúp giảm bớt ô nhiễm mà còn tạo ra một chuỗi giá trị bền vững và có ích cho cộng đồng và xã hội.

Trong bối cảnh ngày càng tăng cường ý thức về BVMT và sử dụng tài nguyên hiệu quả, việc áp dụng công nghệ FBR-Fenton trong xử lý nước thải công nghiệp tại Việt Nam đang nổi lên như một giải pháp tiềm năng đáng chú ý. Ứng dụng công nghệ FBR-Fenton trong xử lý nước thải công nghiệp ở Việt Nam không chỉ mang lại lợi ích kinh tế mà còn góp phần tích cực vào BVMT và tài nguyên nước của đất nước. Điều này là một bước tiến quan trọng trong hành trình của Việt Nam hướng tới phát triển bền vững và BVMT.

Tuy nhiên, để triển khai, áp dụng công nghệ này một cách hiệu quả, việc đầu tư vào cơ sở hạ tầng và công nghệ là điều không thể thiếu. Cùng với đó, việc chuyển giao công nghệ và đào tạo nhân lực chuyên môn cũng đóng vai trò quan trọng. Chính sách và quy định pháp luật cũng cần được cập nhật và thúc đẩy để tạo điều kiện thuận lợi cho việc áp dụng công nghệ này trên diện rộng tại các nhà máy và KCN tại Việt Nam. Chính phủ và các tổ chức liên quan cần hợp tác chặt chẽ để đẩy mạnh việc áp dụng công nghệ này, đồng thời tạo ra các cơ chế khuyến khích, hỗ trợ phù hợp để đạt được mục tiêu BVMT và phát triển kinh tế - xã hội của đất nước.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. HA.NV, GDP năm 2023 của Việt Nam tăng 5,05%. Báo điện tử Đảng Cộng sản Việt Nam, ngày 29/12/2023.
2. V.T, Đến cuối tháng 2/2021, cả nước có 370 KCN, Báo đầu tư, ngày 1/3/2021.
3. N.K. Hai. Ô nhiễm môi trường công nghiệp và sức khỏe cộng đồng, Cổng thông tin điện tử Bộ xây dựng, ngày 12/12/2006.
4. N. Tuyen. Những vụ xả thải tai tiếng của doanh nghiệp, Báo VnExpress, ngày 11/5/2016.
5. Thông cáo báo chí. HEINEKEN Việt Nam đầu tư 30 tỷ đồng góp phần bảo tồn tài nguyên nước tại các lưu vực sông Hồng, sông Đồng Nai và sông Tiền cùng WWF-Việt Nam và các đối tác, HEINEKEN Việt Nam, ngày 19/8/2022.
6. H.T.T. Hương. Tuần hoàn tái sử dụng nước thải sau xử lý trong công nghiệp - tiềm năng và thách thức, Tạp chí Môi trường, số 3/2023.
7. L.T. Anh. Tính khả thi về khoa học và thực tiễn tuần hoàn, tái sử dụng nước thải của nhà máy thép: Kinh nghiệm từ Nhà máy thép Hòa Phát và Công ty gang thép Hưng Nghiệp FORMOSA, Tạp chí Môi trường, ngày 7/7/2023.
8. J.R. Rustad, J.-F. Boily. Density functional calculation of the infrared spectrum of surface hydroxyl groups on goethite (α -FeOOH), Am. Mineral., 95 (2010), pp. 414-417.
9. O. Oputu, M. Chowdhury, K. Nyamayaro, F. Cummings, V. Fester, O. Fatoki. A novel β -FeOOH/NiO composite material as a potential catalyst for catalytic ozonation degradation of 4-chlorophenol, RSC Adv., 5 (2015), pp. 59513-59521.
10. H. Liu, T. Chen, R.L. Frost. An overview of the role of goethite surfaces in the environment, Chemosphere, 103 (2014), pp. 1-11.
11. P.V. Nidheesh, V. Ravindran, A. Gopinath, M.S. Kumar, Emerging technologies for mixed industrial wastewater treatment in developing countries: An overview, Environmental Quality Management, 31 (2022) 121-141.