

Một số công nghệ xử lý dioxin trong đất và trầm tích tại Việt Nam

Nguyễn Văn Tài^{1*}, Chu Thanh Phong¹, Nguyễn Khánh Hưng¹, Phùng Như Quân²

¹Phòng Khoa học quân sự/Binh chủng Hoá học;

²Viện Hóa học Môi trường quân sự/ Binh chủng Hoá học.

*Email liên hệ: taiut36@gmail.com.

Nhận bài ngày 17/7/2021; Hoàn thiện ngày 27/8/2021; Chấp nhận đăng ngày 12/12/2021.

DOI: <https://doi.org/10.54939/1859-1043.j.mst.76.2021.167-171>

TÓM TẮT

Hậu quả của cuộc chiến tranh hóa học do quân đội Mỹ gây ra (từ năm 1961 đến 1971) đối với nhân dân Việt Nam là vô cùng nặng nề; theo đó, một lượng rất lớn đất, trầm tích ở nhiều địa phương như Đà Nẵng, Biên Hòa, Phù Cát, Dầu Tiếng,... bị nhiễm chất độc dioxin với nồng độ cao, cần sớm được xử lý để bảo vệ sức khỏe con người và môi trường sinh thái. Trên thế giới, đã có nhiều nghiên cứu, thử nghiệm để đưa ra các công nghệ xử lý chất độc hóa học/dioxin. Tuy nhiên, cho tới nay vẫn chưa có giải pháp hoặc công nghệ đơn lẻ nào có thể xử lý triệt để dioxin nhiễm trong đất, trầm tích ở các mức ô nhiễm khác nhau. Bài báo này giới thiệu sơ lược các công nghệ xử lý dioxin trong đất, trầm tích đã thử nghiệm được áp dụng tại Việt Nam. Trên cơ sở đó, đề xuất hướng nghiên cứu, thử nghiệm nhằm tìm ra công nghệ xử lý đất, trầm tích nhiễm chất độc hóa học/dioxin phù hợp với điều kiện thực tế của nước ta trong thời gian tới.

Từ khóa: Công nghệ xử lý; Công nghệ xử lý triệt để; Chất độc da cam/dioxin; Đất và trầm tích; Ô nhiễm.

1. MỞ ĐẦU

Bản chất bền và ít tan trong nước của chất độc hóa học/dioxin khiến chúng tích tụ trong đất, trầm tích, bãi chứa rác thải, thực vật và các vật chất hữu cơ. Chúng có khả năng tái phân bố và lan truyền trong môi trường thông qua bụi hoặc trầm tích [11].

Ở Việt Nam, nguồn ô nhiễm chất độc hóa học/dioxin chủ yếu từ hậu quả của cuộc chiến tranh hóa học do đế quốc Mỹ tiến hành tại miền Nam Việt Nam trong khoảng thời gian từ năm 1961 đến 1971. Chiến dịch Ranch Hand trong chiến tranh Việt Nam đã sử dụng khoảng 80 triệu lít chất diệt cỏ, với khoảng 49,3 triệu lít chất da cam được pha chế từ các hợp chất của 2,4-D và 2,4,5-T chứa hàm lượng chất độc hóa học/dioxin trung bình là 13,25 ppm, gây ô nhiễm nghiêm trọng trong đất, trầm tích và nguồn nước đặc biệt tại một số căn cứ quân sự cũ của Mỹ. Theo thống kê, tổng lượng đất và trầm tích ô nhiễm chất độc hóa học/dioxin xấp xỉ 700.000 m³ [1].

2. CÁC CÔNG NGHỆ XỬ LÝ ĐÃ THỬ NGHIỆM TẠI VIỆT NAM

Trên thế giới, có rất nhiều loại công nghệ xử lý chất độc hóa học/dioxin dựa trên các nguyên lý oxy hoá, thủy phân, chiết, phân huỷ bằng tia cực tím, phân huỷ bằng hồ quang plasma, điện hoá, hấp phụ, nghiền bi, sinh học,... Tại Việt Nam, có một số công nghệ xử lý chất độc hóa học/dioxin trong đất và trầm tích đã được nghiên cứu và thử nghiệm bao gồm:

2.1. Công nghệ chôn lấp cô lập

a) Công nghệ chôn lấp thụ động [3]

Công nghệ chôn lấp thụ động bao gồm việc xây dựng một hố chôn lấp có nhiều lớp, nhiều ngăn tùy theo khối lượng đất cần xử lý. Bãi chôn lấp có phần nóc để giảm thiểu nước mặt thâm nhiễm, bên dưới có hệ thống thu gom để xử lý hiệu quả nước rỉ, bên trong có một số lớp sét có độ thấm thấp, thấm sét địa kỹ thuật, lớp lót polyetylen và lớp phủ thực vật. Vật liệu ô nhiễm được lưu giữ bên trong bãi chôn lấp trong suốt vòng đời của bãi chôn lấp, trong thời gian đó phải có các biện pháp hành chính và thực hiện công tác vận hành, bảo dưỡng để kiểm tra, duy tu bãi chôn lấp, xử lý nước rỉ và chăm sóc thảm thực vật.

Trên cơ sở kết quả nghiên cứu của các nhà khoa học trong nước, từ năm 2006 đến 2010, Binh

chủng Hóa học, Bộ Quốc phòng đã triển khai và hoàn thành việc xử lý khoảng 7.500 m³ đất nhiễm tại sân bay Phù Cát và gần 100.000 m³ đất nhiễm trên diện tích 4,7 ha (dự án “Xử lý đất nhiễm chất độc da cam/dioxin tại sân bay Biên Hòa, tỉnh Đồng Nai” tại khu vực Z1) bằng công nghệ “chôn cô lập triệt để và chôn cô lập tích cực”; đây là một dự án lớn được thực hiện lần đầu và thành công ở Việt Nam. Dự án được các chuyên gia quốc tế (UNDP, Hội đồng tư vấn Việt-Mỹ) đánh giá cao khả năng công nghệ, quản lý tổ chức và điều hành của các chuyên gia Việt Nam.

Tuy nhiên, công nghệ này đòi hỏi phải bảo dưỡng, quan trắc thường xuyên và không phải là phương án xử lý triệt để dioxin [3].

b) Công nghệ chôn cô lập tích cực

Theo các kết quả nghiên cứu của PGS.TS Đặng Thị Cẩm Hà (Viện Công nghệ sinh học/Viện Hàn lâm Khoa học Việt Nam năm 2003) đã chứng minh khả năng phân hủy chất độc hóa học/dioxin trong đất bởi các chủng XKDN1, XKDN19 có thể phân hủy 85,97% của 333,3 ppt đồng phân 2,3,7,8-TCDD sau 2 tuần nuôi cấy, đồng thời chủng này cũng có khả năng phân hủy 78,7% anthracen và 22,4% fluoranthen sau 3 tuần nuôi cấy.

Đánh giá khả năng phân hủy sinh học của hỗn hợp vi khuẩn SETDN 20 được phân lập bằng công nghệ làm giàu nhiều lần từ lô đất xử lý tẩy độc bằng phân hủy sinh học ở Đà Nẵng, PGS.TS Đặng Thị Cẩm Hà đã đưa ra kết quả là sau 60 ngày nuôi cấy trong môi trường xử lý có bổ sung dịch chiết đất đã loại bỏ được 17,9% tổng độ độc, trong đó đồng phân 2,3,7,8-TCDD giảm từ 4.299 ppt TEQ xuống còn 3.528 ppt TEQ [4, 5].

Đầu năm 2009, Công nghệ phân hủy sinh học đã được ứng dụng khử độc đất nhiễm chất diệt cỏ/dioxin ở qui mô 3.384 m³ thuộc khu vực Z1. Từ hàm lượng ban đầu hơn 10.000 ppt TEQ sau 27 tháng, lượng chất độc hóa học/dioxin còn lại trung bình 52 ppt TEQ, hiệu quả xử lý đạt 99,48%; sau 40 tháng, hiệu quả xử lý đạt 99,84%.

2.2. Mô hình công nghệ tích hợp xử lý triệt để dioxin trong đất và trầm tích phù hợp với điều kiện Việt Nam [6]

Bản chất công nghệ là quá trình phân loại đất theo kích thước, loại bỏ phần đá, sỏi trong đất, tách keo đất chứa chất độc hóa học/dioxin ra khỏi đất nhằm thu nhỏ thể tích phải xử lý. Tuy nhiên, lượng nhiễm chất độc hóa học/dioxin cần phải xử lý vẫn rất lớn do phụ thuộc vào kết cấu, thành phần cơ giới của đất, từ 25-30% lượng đất đầu vào.

Kết quả thử nghiệm công nghệ tích hợp xử lý triệt để dioxin trong đất và trầm tích trên mô hình pilot thử nghiệm 50 kg/h cho thấy: Công nghệ tích hợp có khả năng xử lý triệt để dioxin cho nhiều đối tượng mẫu, hiệu suất xử lý của công nghệ tích hợp đạt 99,17%, chi phí xử lý dự kiến khoảng 150 ÷ 170 USD/tấn đất và trầm tích nhiễm. Các sản phẩm sau xử lý đáp ứng yêu cầu theo QCVN 45:2012/BTNMT quy định. Mô hình công nghệ tích hợp có thể triển khai ứng dụng trong thực tế, với các qui mô lớn hơn và có khả năng chuyển giao công nghệ cho các đơn vị được giao nhiệm vụ thực hiện xử lý đất và trầm tích nhiễm dioxin [6].

2.3. Công nghệ giải hấp nhiệt trong mô

Công nghệ giải hấp nhiệt trong mô được công ty Royal Dutch Shell (Mỹ) nghiên cứu và phát triển. Công nghệ này đã được sử dụng để xử lý chất độc hóa học/dioxin tại nhiều nơi trên thế giới, trong đó có xử lý 90.000 m³ đất, trầm tích nhiễm chất độc hóa học/dioxin tại sân bay Đà Nẵng (từ năm 2012 đến 2019) [8-10].

Công nghệ sử dụng nhiệt để giải hấp chất độc hóa học/dioxin trong đất và trầm tích bị nhiễm ở các mô và thu gom hơi để xử lý. Mỗi bộ phận truyền nhiệt sử dụng điện với nhiệt độ vận hành khoảng 750 đến 800 °C, được điều chỉnh bởi bộ phận kiểm soát. Có hai loại giếng truyền nhiệt được sử dụng: Giếng đơn thuần truyền nhiệt chỉ làm nóng đất xung quanh và giếng truyền nhiệt - chân không vừa làm nóng vừa thu gom hơi. Một số giếng truyền nhiệt - chân không được vận hành đảo chiều: Phun không khí trong khi làm nóng mô (giếng “truyền nhiệt - phun khí”). Một loại giếng khác là giếng phun khí mà không truyền nhiệt (giếng phun khí).

2.4. Công nghệ nghiền bi của New Zealand

Công nghệ nghiền bi được công ty Mechano Chemical Destruction (New Zealand) nghiên cứu và phát triển. Công nghệ này đã được thử nghiệm tại sân bay Biên Hòa với khối lượng thử nghiệm là 100 tấn đất nhiễm chất độc hóa học/dioxin [2].

Công nghệ nghiền bi sử dụng năng lượng cơ học được tạo ra do va chạm của các viên bi thép với tốc độ cao để phá hủy cấu trúc phân tử các chất ô nhiễm. Hệ thống xử lý bao gồm: Sàng rung để sàng đất tới độ nhỏ hơn 10 mm; Thiết bị nghiền để nghiền đất có kích thước lớn hơn 10 mm; Máy sấy băng chuyền làm nóng gián tiếp; 4 lò phản ứng MCD được đặt theo chiều dọc nối tiếp nhau; Thiết bị nhào làm ẩm đất đã qua xử lý; Các hệ thống kiểm soát phát tán.

2.5. Công nghệ rửa đất của tập đoàn Shimizu/Nhật Bản

Công nghệ rửa đất Shimizu là một quá trình sử dụng nước để “phân tách vật lý” dựa trên các nguyên tắc trong ngành khai thác và chế biến khoáng sản để loại bỏ một loạt các chất ô nhiễm hữu cơ và vô cơ từ đất. Công nghệ rửa đất Shimizu khác nhiều so với rửa đất “tăng cường chất hoạt động bề mặt”. Công nghệ rửa đất tăng cường chất hoạt động bề mặt nhằm mục đích hỗ trợ đánh tan/ hòa tan các chất gây ô nhiễm từ đất, trong khi rửa đất Shimizu không nhằm mục đích hòa tan các chất gây ô nhiễm. Quy trình công nghệ rửa đất gồm các bước chính như: Loại bỏ các mảnh vụn thô bằng cách sử dụng sàng; Phân rã các hạt đất bằng cách sử dụng máy xịt nước, máy đập và máy chà; Định cỡ và phân loại bằng cách sử dụng sàng ướt và máy xoay thủy lực để phân tách một phần sỏi và mảnh vụn thô, phần cát và phần đất mịn (phù sa mịn và đất sét); Khử nước cho sản phẩm. Các sản phẩm tương đối không có chất gây ô nhiễm được khử nước bằng sàng khử nước; Xử lý nước. Dòng nước có các hạt mịn thường yêu cầu bổ sung chất keo tụ trước khi lắng và loại bỏ hạt bằng cách sử dụng bộ xử lý nước. Các chất rắn mịn cuối cùng được khử nước để tạo thành bánh bùn bằng máy ép lọc; Xử lý nước thứ cấp nếu cần thiết. Các chất ô nhiễm hòa tan, nếu có, được loại bỏ bằng bộ lọc than hoạt tính, hoặc bằng cách kết tủa từ dung dịch. Nước làm sạch quá trình có thể được tái sử dụng trong mạch hoạt động; Tái sử dụng hoặc thải bỏ các sản phẩm không có chất gây ô nhiễm; Xử lý tiếp chất cô đặc gây ô nhiễm bằng các quá trình nhiệt và hóa học, hoặc thải chất cô đặc đến nơi xử lý được kiểm soát phù hợp.

Kết quả xử lý, từ tháng 9/2018 đến tháng 07/2020, đã thử nghiệm xử lý 960 tấn đất nhiễm ở các dải nồng độ khác nhau tại sân bay Biên Hòa. Khoảng 70% đất sau rửa có nồng độ dioxin trong giới hạn cho phép theo QCVN 45:2012/BTNMT, cụ thể: đất nạo ở vùng nồng độ dưới 4.000 pg/g → Đất sạch dưới 300 pg/g, thỏa mãn tiêu chí đất ở đô thị; đất nạo ở vùng có nồng độ từ 4.000 đến 8.000 pg/g → Đất sạch dưới 600 pg/g, thỏa mãn tiêu chí đất giải trí; đất nạo ở vùng có nồng độ từ 8.000 đến 16.000 pg/g: → Đất sạch dưới 600 pg/g, đạt tiêu chí đất vui chơi, giải trí hoặc dưới 1.200 pg/g, đạt tiêu chí đất thương mại, công nghiệp; đất nạo ở vùng có nồng độ trên 16.000 pg/g → Đất có nồng độ dưới 1.200 pg/g, đạt giới hạn đất thương mại, công nghiệp[7].

2.6. Công nghệ Hộp gia nhiệt IPTD® của TerraTherm

Công nghệ TCH của TerraTherm, Inc. là một phương pháp đã được chứng minh, hiệu quả và tiết kiệm chi phí để xử lý đất bị ô nhiễm Dioxin và các hợp chất sôi cao khác đến nồng độ sau xử lý cực thấp. Hộp gia nhiệt được lấp đầy bằng 45 m³ vật liệu bánh bùn và được xử lý ở nhiệt độ mục tiêu là 335 °C trong thời gian 50 ngày không kể thời gian làm nguội. Nhiệt độ trung bình cao nhất đạt được là 414 °C và nhiệt độ trung bình > 335 °C trong tổng số 18 ngày. Tất cả hơi chiết xuất được xử lý bằng hệ thống Oxy hóa nhiệt (TO) do Shimizu mua và vận hành.

Về bản chất, công nghệ này hoàn toàn tương tự như công nghệ đã được áp dụng để xử lý hơn 90.000 tấn đất nhiễm tại sân bay Đà Nẵng, nhưng cách thức tiến hành có một số cải tiến để khắc phục nhược điểm đã xảy ra.

Về hình thức mô: thay bằng sử dụng mô có kích thước lớn, dung tích chứa 45.000 m³, CNTN ở Biên Hòa sử dụng mô bằng hộp thép có dung tích chứa khoảng 45 m³ qua đó dễ kiểm soát độ

kín, tránh thất thoát hơi qua thành mố.

Về hình thức gia nhiệt: sử dụng các ống gia nhiệt nằm ngang với các công suất gia nhiệt có thể thay đổi, qua đó cải thiện khả năng gia nhiệt đồng đều trong toàn khối đất nhiễm.

Về cách bố trí giếng chân không: bố trí các giếng chân không quanh thành của hộp gia nhiệt, giúp việc ngăn chặn khí rò rỉ qua thành hiệu quả hơn.

Khí giải hấp không đưa qua nhà máy xử lý bằng quá trình hạ nhiệt, phân tách và hấp phụ như Tại Đà Nẵng mà được oxy hóa nhiệt hoàn toàn ở buồng phản ứng được duy trì ở trên 1000 °C với thời gian lưu trên 2 s, dioxin tái tổ hợp trong quá trình làm lạnh được xử lý bằng hỗn hợp CaCO₃ theo nguyên lý tăng sôi trước khi thải ra ngoài môi trường [7].

2.7. Công nghệ Lò quay của tập đoàn Shimizu/Nhật Bản

Công nghệ lò quay (RKT) bao gồm Buồng đốt chính, buồng đốt thứ cấp, tháp giải nhiệt, túi lọc và các loại khác. Khả năng xử lý của lò quay phụ thuộc vào độ ẩm của vật thể, công suất là 5-10 kg mỗi giờ. Nghiền đất đến dưới 10 cm và thao tác đưa vào lò đốt bằng tay. Đất được xử lý ở nhiệt độ cao được làm mát tự nhiên trong hộp tiếp nhận đất được lắp đặt dưới mui xe.

Buồng đốt là nơi đất/bùn được đốt trong nhiệt độ cao. Nó bao gồm buồng đốt sơ cấp và thứ cấp; nhiệt độ buồng đốt sơ cấp từ 400 °C đến 1.150 °C. Buồng đốt thứ cấp là nơi khí không cháy rời khỏi Buồng đốt sơ cấp sẽ được đốt cháy hoàn toàn. Nhiệt độ buồng đốt thứ cấp không thấp hơn 950 °C; thời gian lưu không ít hơn 2 giây.

Khí thải được làm mát nhanh chóng đến 200 °C hoặc ít hơn bằng cách thêm tháp giải nhiệt. Việc hạ nhiệt là để ngăn chặn sự tái tổng hợp của chất độc hóa học/dioxin sau khi bị phân hủy ở nhiệt độ cao để giải độc. Trong tháp giải nhiệt, nước tưới được sử dụng. Sau đó, để đảm bảo an toàn, để trung hòa khí axit và hấp phụ chất độc hóa học/dioxin, vôi tôi/than hoạt tính được phun ra trước bộ lọc túi và bụi được loại bỏ bằng Túi lọc. Sau khi xử lý, khí thải được thải ra môi trường không khí. Tổng nồng độ chất độc hóa học/dioxin đảm bảo không quá 0,36 ng TEQ/Nm³. Từ tháng 02/2020 đến tháng 07/2020, đã thử nghiệm xử lý xử lý 200 kg bánh bùn với nồng độ chất độc hóa học/dioxin rất cao (30% còn lại từ công nghệ rửa đất của tập đoàn Shimizu/Nhật Bản), kết quả cho thấy 100% bánh bùn sau xử lý có nồng độ chất độc hóa học/dioxin dưới giới hạn cho phép theo QCVN 45:2012/BTNMT [7].

2.8. Công nghệ sử dụng vi sinh của Công ty BJC/Hàn Quốc

Năm 2016, sau những kết quả thử nghiệm tẩy độc chất độc hóa học/dioxin, các đối tác Hàn Quốc (BJC, KIOST, KIT) cùng VACNE đã phân lập và tuyển chọn từ mẫu đất nhiễm ở khu vực sân bay A So (huyện A Lưới, tỉnh Thừa Thiên Huế) được 2 chủng vi khuẩn hiếu khí và chủng kỵ khí có hoạt tính dioxygenase là *Novosphingobium Pentaromativorans* US6-1 và *Corynebacterium variabile* IC10.

Thử nghiệm với lô đất nhiễm chất độc hóa học/dioxin là 100 m³, sau 6 tháng thử nghiệm kết quả thu được như sau: Mẫu trước khi xử lý có tổng TEQ_{tb} là 161,65 ppt; mẫu đất sau xử lý kỵ khí có tổng TEQ_{tb} là 134,45 ppt; mẫu đất sau xử lý hiếu khí có tổng TEQ_{tb} là 104,93 ppt. Như vậy, tổng lượng độc TEQ trong đất được nghiên cứu thử nghiệm đã giảm khoảng 1/3 so với ban đầu, hiệu suất phân hủy chất độc hóa học/dioxin đạt khoảng 35%.

Đánh giá chung: Đánh giá sơ bộ các công nghệ xử lý chất độc hóa học chất độc hóa học/dioxin nêu trên, nhận thấy một số công nghệ có hiệu suất xử lý cao nhưng tiêu thụ nhiều năng lượng và chi phí rất lớn, như: công nghệ giải hấp nhiệt trong mố; ngược lại, một số công nghệ xử lý với chi phí không cao thì hiệu suất xử lý thấp và không triệt để, như: công nghệ chôn lấp, công nghệ vi sinh, công nghệ rửa đất; một số công nghệ mới thử nghiệm ở quy mô nhỏ, chưa đủ cơ sở đánh giá hiệu quả, như: công nghệ nghiền bi, công nghệ hộp gia nhiệt, công nghệ lò quay, công nghệ tích hợp xử lý triệt để. Vì vậy, việc lựa chọn công nghệ xử lý triệt để chất độc hóa học/dioxin phù hợp với điều kiện của Việt Nam hiện nay để khắc phục hậu quả chất độc hóa

học sau chiến tranh vẫn là vấn đề rất khó khăn; cần tiếp tục nghiên cứu để tìm ra công nghệ xử lý chất độc hóa học/dioxin triệt để và phù hợp với điều kiện Việt Nam theo hướng tích hợp các công nghệ nêu trên và các công nghệ khác trên thế giới.

3. KẾT LUẬN

Đến nay, đã có 08 công nghệ được áp dụng, thử nghiệm xử lý đất, trầm tích nhiễm dioxin tại Việt Nam. Tuy nhiên, chưa có công nghệ phù hợp với điều kiện Việt Nam để áp dụng xử lý triệt để một khối lượng rất lớn đất, trầm tích nhiễm dioxin tồn lưu sau chiến tranh. Tiếp tục đặt ra yêu cầu cấp bách trong công tác khắc phục hậu quả chất độc hóa học tồn lưu sau chiến tranh tại Việt Nam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Văn phòng Ban Chỉ đạo 33/Bộ TN-MT, “*Báo cáo tổng thể về tình hình ô nhiễm dioxin tại ba điểm nóng: Sân bay Biên Hòa, Đà Nẵng và Phù Cát*”, Hà Nội, (2011), 172 trang.
- [2]. USIAD - Việt Nam (2016), “*Đánh giá môi trường - ô nhiễm dioxin tại sân bay Biên Hòa*”, Phụ lục C.
- [3]. Nguyễn Văn Minh (2013), “*Lựa chọn công nghệ xử lý dioxin ở Việt Nam*”, Hội đồng tư vấn về khoa học công nghệ, Ban Chỉ đạo 33, Hà Nội.
- [4]. Hoàng Thị Mỹ Hạnh và cộng sự, “*Khả năng phân hủy 2,4-D và dibenzofuran của chủng nấm sợi FDN20*”, Tạp chí Công nghệ Sinh học, 2(4), (2004), tr. 517-528.
- [5]. Nguyễn Văn Minh (2003), “*Nghiên cứu tẩy độc ở Việt Nam. Hội thảo Việt Nam - Hoa Kỳ về các phương pháp xác định, xử lý và đánh giá vùng ô nhiễm dioxin:38-47*”.
- [6]. Lâm Vĩnh Anh (2015), “*Nghiên cứu lựa chọn công nghệ xử lý triệt để dioxin trong đất và trầm tích phù hợp điều kiện Việt Nam*”, Đề tài cấp nhà nước mã số: KHCN 33.02/11-15.
- [7]. Tập đoàn Shimizu/Nhật Bản (2020), Báo cáo thử nghiệm thí điểm toàn diện Dự án khắc phục Dioxin tại khu vực sân bay Biên Hòa.
- [8]. Guodong Fang, Youbin Si, Chao Tian, Gangya Zhang, Dongmei Zhou (2012), “*Degradation of 2,4-D in soils by Fe₃O₄ nanoparticles combined with stimulating indigenous microbes*”, Environmental Science and Pollution Research, March 2012, Volume 19, Issue 3, pp 784-793.
- [9]. Ralph S. Baker, John LaChance and Gorm Heron (2006), “*In-Pile thermal desorption of PAHs, PCBs, PCBs and dioxins/furans in soil and, TerraTherm*”, Inc and TerraTherm, Inc., Keene, CA.
- [10]. Ruoyu Hong, Jian-Hua Li, Shi-Zhong Zhang, Hong-Zhong Li, Ying Zheng, Jian-min Ding, Dong-Guang Wei (2009), “*Preparation and characterization of silica-coated Fe₃O₄ nanoparticles used as precursor of ferrofluids*”, www.elsevier.com/locate/apsusc, Applied Surface Science.
- [11]. Kjeller và Rappe, 1995; Rotard et al., 1994.

ABSTRACT

TREATMENT METHODS FOR AGENT ORANGE/DIOXIN IN SOIL AND SEDIMENT

The consequences of chemical war caused by the US military (from 1961 to 1971) on Vietnamese people are extremely severe; Accordingly, a huge amount of soil and sediment in many locations such as Da Nang, Bien Hoa, Phu Cat, Dau Tieng, A Luoi, etc. were contaminated with high concentration dioxin, it should be treated as soon as possible to protect human health and the ecology. Currently, the technology to thoroughly treat dioxin in general and to treat Agent Orange/dioxin in soil and sediments, in particular, remains a difficult and complicated issue. On a global scale, there have been various studies and experiences to come up with dioxin treatment methods, but so far, no single solution or technology has been found that can thoroughly treat dioxin in contaminated soil and sediment at different pollution levels. This article briefly introduces technologies to treat dioxins in contaminated soils and sediments that have been tested, applied in Vietnam. On that basis, proposing research and experiment directions to find out technology to treat contaminated soil and sediment with dioxin in accordance with the actual conditions of Viet Nam in the near future.

Keywords: Treatment method; Agent orange/dioxin; Contaminated soil and sediments.