

Nghiên cứu khả năng hấp phụ Cadimi và Chì trong đất ô nhiễm bằng vật liệu có nguồn gốc tự nhiên

Nguyễn Thị Quỳnh Trang

Trường Đại học Khoa học Tự nhiên; Khoa Môi trường
Chuyên ngành: Khoa học môi trường

Mã số: 60 85 02

Người hướng dẫn: PGS.TSKH Nguyễn Xuân Hải

Năm bảo vệ: 2011

Abstract. Tổng quan về động học kim loại nặng trong đất-quá trình hấp phụ; hòa tan kim loại nặng từ khoáng vật đất; trao đổi ion, hấp phụ và hóa hấp phụ; nguồn gốc và hàm lượng của cadimi và chì trong đất; vai trò của vật liệu hấp phụ trong xử lý tại chỗ đối với đất ô nhiễm chì và cadimi. Khái quát vật liệu từ diatomit và tro bay, khả năng hấp phụ Cd^{+2} và Pb^{+2} trong đất ô nhiễm. Phân tích các tính chất lý-hóa học chủ yếu của đất và vật liệu hấp phụ diatomit, tro bay như: CEC, pH, thành phần cơ giới, Cd và Pb tổng số. Đánh giá bước đầu các tính chất của đất và vật liệu hấp phụ diatomit, tro bay cũng như đánh giá ảnh hưởng của các tính chất lý hóa học đến khả năng hấp phụ Pb và Cd của đất và vật liệu hấp phụ. Nâng cao khả năng hấp phụ của vật liệu tự nhiên diatomit, tro bay bằng cách biến tính chúng thành những vật liệu tổng hợp có khả năng hấp phụ (CEC) cao hơn so với vật liệu ban đầu. Tiến hành thử nghiệm và so sánh giữa đất ô nhiễm Cd^{+2} và Pb^{+2} có sử dụng vật liệu diatomit và tro bay đã biến tính với đối chứng (đất ô nhiễm Cd^{+2} và Pb^{+2} không có vật liệu). Từ đó tính được hiệu suất hấp phụ giữa đất có sử dụng vật liệu đã biến tính với đất không có vật liệu. Đưa ra kết quả và thảo luận: tính chất cơ bản của đất và vật liệu hấp phụ; tổng hợp vật liệu từ diatomit và tro bay; hiệu quả hấp phụ chì và cadimi của vật liệu tổng hợp từ diatomit hòa lợc; hiệu quả hấp phụ chì và cadimi của vật liệu tổng hợp từ tro bay.

Keywords. Khoa học môi trường; Ô nhiễm đất; Chì; Kim loại nặng

Content.

Tính cấp thiết của đề tài

Hiện nay ô nhiễm kim loại nặng trong đất là một trong những vấn đề môi trường gây nhiều bức xúc. Hậu quả do kim loại nặng gây ra được phản ánh trực tiếp từ sức khỏe cây trồng, vật nuôi..đặc biệt thông qua chuỗi thức ăn, kim loại nặng xâm nhập vào cơ thể con người và gây ra những hậu quả khó lường. Cadimi và chì là hai kim loại có

tính độc hại lớn cho con người và hệ sinh thái khi nó vượt ngưỡng cho phép và trong một số điều kiện môi trường nhất định. Tuy vậy, hàm lượng phát thải của chúng vào môi trường từ hoạt động nhân tạo càng ngày càng gia tăng.

Tại Việt Nam có rất nhiều công trình nghiên cứu về phương pháp xử lý kim loại nặng Cd và Pb trong đất như: Võ Văn Minh (2007) đã xác định được cỏ Vetiver có khả năng hấp thụ Cd, Pb, Cr trong đất tại bãi rác Khánh Sơn, đất bãi thải mỏ vàng Bông Miêu và đất bãi thải phế liệu Hoà Minh thuộc quận Liên Chiểu, Thành phố Đà Nẵng. Lê Đức Trung, Nguyễn Ngọc Linh, Nguyễn Thị Thanh Thúy thuộc Viện môi trường và tài nguyên, ĐHQG-HCM sử dụng zeolite tự nhiên đã qua sơ chế dạng aluminosilicate ngâm nước, có cấu trúc xốp và vỏ tôm cua (chitin thô) có trong bã thải của ngành công nghiệp thủy sản để xử lý kim loại nặng Pb chứa trong bùn thải với hiệu quả cao.... Tuy nhiên, hiện nay chưa có nhiều các nghiên cứu để hấp phụ các kim loại Cd và Pb bằng những vật liệu hấp phụ tự nhiên, nhân tạo nhằm ngăn chặn kim loại xâm nhập vào cây trồng. Trước thực tế đó nhóm chúng tôi đi sâu nghiên cứu theo hướng: bổ sung cho đất các vật liệu tự nhiên hoặc đã biến tính có khả năng hấp phụ kim loại nặng trong đất, không cho chúng di chuyển vào cây trồng. Các vật liệu tự nhiên được dùng trong xử lý kim loại nặng như: zeolit, bentonite, tro bay, diatomit, than bùn trong bã thải thủy sản... Trong đó tro bay và diatomit là hai vật liệu được quan tâm nhất.

Tro bay là sản phẩm đốt cháy than đá của nhà máy nhiệt điện Phả Lại. Có thể khai thác và tái sử dụng một lượng lớn tro bay sử dụng với nhiều mục đích khác nhau như làm phụ gia cho các nhà máy xi măng, các nhà máy bê tông hay phụ gia trong nông nghiệp. Vì chúng có khả năng cung cấp cho cây trồng một lượng nhỏ các chất dinh dưỡng và tăng cường tính chất hóa học cũng như tính chất vật lý như độ chua pH, cấu trúc và khả năng giữ nước. Ngoài ra một số các nghiên cứu cho thấy khả năng hấp phụ và cố định các kim loại nặng của tro bay là rất tốt.

Diatomit là một dạng quan trọng trong nhóm đá silic. Nó thuộc phụ nhóm đá silic được cấu thành chủ yếu từ khung xương của mảnh vỏ silic của các vi sinh vật. Tại Việt Nam, diatomit được phát hiện, đánh giá tiềm năng, trữ lượng chủ yếu tại Kon Tum (Vinh Quang, Thắng Lợi, Đắc Cẩm), ở Phú Yên (Hòa Lộc – Tuy An, Cao nguyên Vân Hòa) và ở Lâm Đồng (Đại Lào, Gia Hiệp), một số khu vực khác thuộc địa phận Bình Thuận, dọc theo sông La Ngà diatomit cũng đã được phát hiện. Hiện nay diatomit được khai thác để sử dụng với nhiều mục đích khác nhau như sử dụng làm

chất phụ gia cho xi măng, làm chất kết dính, chất trợ lọc... và đặc biệt là sử dụng trong xử lý môi trường.

Với hướng đi mới này có thể tiết kiệm được chi phí, thân thiện môi trường và khả năng áp dụng vào thực tiễn cao. Do đó, chúng tôi lựa chọn đề tài “*Nghiên cứu khả năng hấp phụ cadimi và chì trong đất ô nhiễm bằng vật liệu có nguồn gốc tự nhiên*”

1. Đối tượng, nội dung, mục tiêu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Mục tiêu nghiên cứu: Luận văn nghiên cứu với hai mục tiêu chính:

- Tổng hợp được vật liệu từ diatomit và tro bay, có khả năng hấp phụ Cd^{+2} và Pb^{+2} trong đất ô nhiễm.

- Đánh giá được khả năng hấp phụ Cd^{+2} và Pb^{+2} linh động của đất bạc màu ở mức ô nhiễm cao và đánh giá được mức độ cải thiện về khả năng hấp phụ Cd^{+2} và Pb^{+2} của đất khi cho các vật liệu được tổng hợp từ diatomit và tro bay vào đất.

2.2. Đối tượng nghiên cứu của luận văn:

- Đất thí nghiệm:

+ Đất thí nghiệm để gây ô nhiễm nhân tạo: Đất sử dụng trong nghiên cứu là tầng đất mặt (lấy ở độ sâu 0-20 cm) trong ruộng trồng rau màu trên địa bàn xã Vân Trì, huyện Đông Anh, thành phố Hà Nội. Đất được xếp vào nhóm đất xám bạc màu trên nền phù sa cổ.

+ Đất ô nhiễm tự nhiên: Đất sử dụng trong nghiên cứu là đất có cơ cấu canh tác: 1 vụ lúa chính và 1 vụ màu được lấy ở tầng đất mặt (lấy ở độ sâu 0 – 20 cm) trong ruộng trồng lúa trên địa bàn thôn Đông Mai, xã Chi Đạo, huyện Văn Lâm, tỉnh Hưng Yên. Theo các phân tích về tính chất hóa học của đất cho thấy đất chứa hàm lượng kim loại nặng, đặc biệt là kim loại Chì (Pb) và Cadimi (Cd) vượt quá tiêu chuẩn cho phép.

- Diatomit: Vật liệu diatomit sử dụng trong các thí nghiệm được lấy từ mỏ diatomit Hòa Lộc – Phú Yên. Diatomit này được biến tính theo phương pháp kết tinh thủy nhiệt ở môi trường kiềm mạnh (dung dịch môi trường là $NaOH/Al(OH)_3$).

- Tro bay: Vật liệu thứ hai được sử dụng trong các thí nghiệm là tro bay, được lấy từ nhà máy Nhiệt điện Phả Lại. Vật liệu tổng hợp từ tro bay được biến tính theo phương pháp kết tinh thủy nhiệt ở môi trường kiềm mạnh (dung dịch môi trường là $NaOH$).

- Kim loại nặng: Quá trình tiến hành thí nghiệm chúng tôi sử dụng đất ô nhiễm nhân tạo, được gây ô nhiễm bởi hai kim loại nặng là Chì (Pb) và Cadimi (Cd) dưới dạng muối tan của clorua và nitrat.

2.3. Nội dung nghiên cứu của luận văn:

- Phân tích các tính chất lý-hóa học chủ yếu của đất và vật liệu hấp phụ diatomit, tro bay như: CEC, pH, thành phần cơ giới, Cd và Pb tổng số. Nội dung này nhằm đánh giá bước đầu các tính chất của đất và vật liệu hấp phụ diatomit, tro bay; tạo cơ sở cho việc tiến hành các bước tiếp theo và đánh giá ảnh hưởng của các tính chất lý hóa học đến khả năng hấp phụ Pb và Cd của đất và vật liệu hấp phụ.

- Nâng cao khả năng hấp phụ của vật liệu tự nhiên diatomit, tro bay bằng cách biến tính chúng thành những vật liệu tổng hợp có khả năng hấp phụ (CEC) cao hơn so với vật liệu ban đầu.

- Tiến hành thử nghiệm và so sánh giữa đất ô nhiễm Cd^{+2} và Pb^{+2} có sử dụng vật liệu diatomit và tro bay đã biến tính với đối chứng (đất ô nhiễm Cd^{+2} và Pb^{+2} không có vật liệu). Từ đó sẽ tính được hiệu suất hấp phụ giữa đất có sử dụng vật liệu đã biến tính với đất không có vật liệu.

2.4. Phương pháp nghiên cứu: Để thực hiện được các mục tiêu đề ra, luận văn sử dụng các phương pháp nghiên cứu sau.

- Phương pháp thu thập số liệu: Thu thập, kế thừa các tài liệu và các công trình nghiên cứu có liên quan đến vật liệu hấp phụ diatomit và tro bay; về kim loại nặng nói chung và Cd, Pb nói riêng; về hiệu quả sử dụng các vật liệu hấp phụ diatomit và tro bay trong lĩnh vực xử lý môi trường, đặc biệt là trong quá trình xử lý kim loại nặng Cd, Pb trong đất.

- Phương pháp lấy mẫu ngoài thực địa: Mẫu đất ngoài đồng ruộng được lấy theo phương pháp lấy mẫu hỗn hợp. Mẫu sau khi lấy ngoài đồng ruộng về được hong khô ngoài không khí 6 ngày dưới mái che, sau đó được nghiền nhỏ, rây qua rây 1mm, nhật sạch xác thực vật. Mẫu dùng phân tích trong phòng thí nghiệm được bảo quản trong túi nhựa P.E.

- Phương pháp phân tích trong phòng thí nghiệm

- Phương pháp xử lý số liệu:

* Với đất ô nhiễm nhân tạo

$$H_n (\%) = \frac{a}{b} * 100\%$$

Trong đó: H_n : Hiệu quả hấp phụ
a: Lượng kim loại bị hấp phụ chặt
b: Lượng kim loại hấp phụ

*Với đất ô nhiễm tự nhiên

Xác định hiệu quả tăng hấp phụ so với đối chứng theo công thức:

$$H (\%) = \frac{C_0 - C_x}{C_0} * 100\%$$

Trong đó: H: Hiệu quả tăng hấp phụ so với đối chứng

C_0 : Hàm lượng kim loại hấp phụ trong đất (công thức đối chứng)

C_x : Hàm lượng kim loại hấp phụ trong đất khi bổ sung thêm các mức vật liệu khác nhau.

Các kết quả thu được được xử lý bằng chương trình thống kê và xử lý số liệu thông dụng Microsoft Excel, phần mềm Origin pro. Mục tiêu của biện pháp xử lý số liệu là tìm kiếm mối tương quan giữa lượng vật liệu bổ sung vào đất và hiệu suất hấp phụ, cũng như hàm lượng chì và cadimi bị hấp phụ nhờ phương pháp bổ sung vật liệu nêu trên, qua đó đánh giá khả năng ứng dụng trong thực tiễn của các vật liệu này trong vai trò là vật liệu hấp phụ kim loại nặng trong đất bị ô nhiễm.

2. Kết quả và kiến nghị

Kết quả luận văn nêu bật được các vấn đề sau:

- Đất bạc màu trên nền phù sa cổ ở Đông Anh có dung tích trao đổi cation (CEC) thấp (8,89 mgdl/100g), đất có phản ứng hơi chua ($pH_{KCl} = 5,3$). Chất dinh dưỡng trong đất thấp chỉ chiếm 0,89%. Đất có thành phần cấp hạt thịt pha cát (thịt nhẹ), cấp hạt thịt chiếm chủ yếu với 53,30%, cấp hạt cát (gồm cát thô và cát mịn) chiếm 36,62%, cấp hạt sét chiếm ít nhất chỉ có 10,08%. Hàm lượng Cadimi và Chì tổng số trong đất ở ngưỡng an toàn, Cd chỉ đạt 0,1 ppm và Pb chỉ đạt 7,77 ppm (thấp xa so với quy định trong quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về giới hạn cho phép của kim loại nặng trong đất, QCVN 03:2008/BTNMT là 2 ppm cho Cd và 70 ppm cho Pb).

- Đất có khả năng hấp phụ Pb^{2+} và Cd^{2+} linh động ở mức cao khi gây ô nhiễm nhân tạo, 99,92% đối với Pb^{2+} và 78,81% đối với Cd^{2+} . Điều này chứng tỏ đất xám bạc màu có ái lực hấp phụ với Pb mạnh hơn Cd. Hiện tượng này có thể lý giải là do các hợp phần chính trong đất xám bạc màu là các ôxit Fe, Al, Mn... có ái lực với Pb mạnh hơn với Cd.

- Kết quả phân tích mẫu đất ở huyện Văn Lâm, tỉnh Hưng Yên cho thấy đất có dung tích trao đổi cation (CEC) thấp 11,1 (mgdl/100g), đất hơi chua ($pH_{KCl} = 4,21$), hàm lượng Chì (Pb) là 1281,1 mg/kg (gấp 18,3 lần so với quy chuẩn) và Cadimi (Cd) là 9,51 mg/kg (gấp 4,75 lần so với quy chuẩn).

- Kết quả phân tích cho thấy Diatomit HL có $pH_{KCl} = 3,71$ mang tính axit. Diatomit HL có thành phần cấp hạt cát chiếm chủ yếu với 68,2%, cấp hạt sét chiếm 16,7% và cấp hạt limon chiếm 15,1%. Dung tích trao đổi cation (CEC) của Diatomit HL đạt 59 mgdl/100g cao gấp đôi so với Diatomit BL chỉ đạt 30 mgdl/100g và cao hơn 10 lần so với đất nền (CEC = 8,89 mgdl/100g). Loại khoáng sét này có hàm lượng silic (chiếm đến 62,4%) cao hơn so với Diatomit BL (chiếm 54,8%). Đây được coi là nguyên nhân tạo nên khả năng trao đổi cation của diatomit HL cao hơn so với diatomit BL, đất nền.

- Kết quả phân tích tính chất lý hóa học cơ bản của tro bay cho ta thấy: tro bay có $pH_{KCl} = 8,31$ mang tính kiềm yếu. Dung tích trao đổi cation đạt 30 mgdl/100g, có thể coi là khá cao so với đất thí nghiệm chỉ đạt 8,89 mgdl/100g. Tro bay cũng là một vật liệu có thành phần oxit silic cao (chiếm 42%) nên đây được coi là một trong những nguyên nhân chính góp phần quan trọng trong việc biến tính tro bay tạo thành vật liệu có khả năng trao đổi cation (CEC) cao hơn so với tro bay ban đầu.

- Nghiên cứu điều kiện tổng hợp vật liệu hấp phụ từ Diatomit và tro bay, ảnh hưởng của các yếu tố nhiệt độ, nồng độ kiềm, thời gian đến khả năng hấp phụ:

+ Nồng độ kiềm: Nồng độ kiềm là yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến khả năng tái tạo vật liệu mới. Với nồng độ OH^- càng cao sẽ làm tăng độ bazơ của dung dịch và các tinh thể của vật liệu mới nhận được có thể sẽ khác so với các tinh thể hình thành trong môi trường có nồng độ OH^- thấp hơn. Độ bazơ làm tăng độ hòa tan và do đó thúc đẩy sự tinh thể hóa. Ở tỷ lệ SiO_2/Na_2O cao hơn sẽ tạo ra dung dịch không bền do thiếu hụt điện tích bù. Điều kiện này từng bước tạo ra sự hình thành các hạt keo của silic thay vì các anion polyme silic mà thúc đẩy sự hình thành vật liệu mới.

+ Nhiệt độ khuấy từ: Nhiệt độ khuấy từ là một trong những yếu tố quan trọng tác động đến quá trình hình thành vật liệu. Tại mỗi nhiệt độ khác nhau sẽ hình thành nên các loại vật liệu mới khác nhau và có khả năng hấp phụ khác nhau.

+ Thời gian khuấy từ: Ở cùng điều kiện nhiệt độ, các dạng khác nhau của vật liệu có thể được hình thành tùy theo thời gian kết tinh nên yếu tố thời gian cũng là một nhân tố ảnh hưởng đến việc hình thành vật liệu.

- Vật liệu hấp phụ tổng hợp từ Diatomit Hòa Lộc có CEC đạt 255 mgdl/100g cao hơn 4,3 lần so với diatomit Hòa Lộc ban đầu và gấp 23 lần so với đất ô nhiễm tự nhiên ở xã Chi Đạo, Văn Lâm, Hưng Yên.

- Vật liệu hấp phụ tổng hợp từ tro bay có CEC đạt 170 mgdl/100g cao hơn 5,7 lần so với tro bay ban đầu và gấp 15,3 lần so với đất ô nhiễm tự nhiên ở xã Chi Đạo, Văn Lâm, Hưng Yên.

- Với đất ô nhiễm nhân tạo : Vật liệu hấp phụ từ D -HL cho hiệu quả hấp phụ Cd^{2+} linh động trong đất tương đối cao như ng mức chênh lệch không lớn . Với mức ô nhiễm thấp nhất ($Cd = 0,08mg/20g$ đất, tương đương 4,0 mg/kg đất), vật liệu hấp phụ làm tăng hiệu quả 15,43% so với đối chứng, với mức ô nhiễm cao nhất ($Cd = 1,2mg/20g$ đất, tương đương 60,0 mg/kg đất) vật liệu hấp phụ từ D-HL làm tăng khoảng 14% so với đối chứng.

- Sử dụng vật liệu điều chế cho đất ô nhiễm Cd, Pb cho thấy khả năng làm giảm hàm lượng linh động và trao đổi của những nguyên tố này trong đất. Hiệu suất hấp phụ Pb, Cd trong đất ô nhiễm Hưng Yên của vật liệu biến tính từ Diatomit Hòa Lộc cao. Lượng vật liệu bổ sung càng lớn (1-5%) thì hiệu suất hấp phụ càng tăng, hiệu suất hấp phụ đối với Pb tăng từ 19,30% đến 25,64%, với Cd từ 12,75% đến 39,24%. Vật liệu tổng hợp từ tro bay cũng cho hiệu suất hấp phụ cao. Lượng vật liệu bổ sung càng lớn (1-5%) thì hiệu suất hấp phụ càng tăng, hiệu suất hấp phụ đối với Pb tăng từ 2,82% đến 27,18%, với Cd từ 15,44% đến 41,05% .

- Mối tương quan giữa hiệu quả hấp phụ và lượng bổ sung vật liệu hấp phụ là mối tương quan tuyến tính với phương trình hồi quy có dạng hàm bậc nhất. Hệ số tương quan của các mối tương quan này là khá lớn, thấp nhất cũng cho giá trị $R^2 = 0,8608$, trong khi giá trị cao nhất có thể đạt đến $R^2 = 0,9761$.

Kiến nghị

Đề luận văn có khả năng ứng dụng trong thực tiễn cao, chúng tôi có những kiến nghị như sau:

- Trong nghiên cứu này chúng tôi mới dừng lại ở việc tiến hành thí nghiệm trong phòng thí nghiệm, vì vậy để xác định rõ hiệu quả hấp phụ của vật liệu biến tính từ Dia-HL và tro bay đối với Pb, Cd gần với điều kiện thực tế cần thực hiện các thí

nghiệm trên đồng ruộng. Đặc biệt lưu ý đến khả năng hấp phụ của vật liệu biến tính từ tro bay.

- Nghiên cứu khả năng hấp phụ của tro bay biến tính và Dia-HL biến tính với các kim loại nặng trong môi trường tác giữa các kim loại này với nhau và tương tác giữa các kim loại nặng với vật liệu hấp phụ cũng như các hợp phần khác nhau trong đất.

- Trong quá trình biến tính vật liệu, sử dụng kiềm để làm thay đổi cấu trúc của Dia-HL, tro bay nên sản phẩm sau phản ứng có pH mang tính kiềm cao. Cần nghiên cứu các biện pháp xử lý kiềm hợp lý, nhanh và đạt hiệu quả cao.

- Nghiên cứu và ứng dụng khả năng hấp phụ kim loại nặng với các mẫu tro bay, diatomit khác cũng như trên các loại đất khác.

References.

Tiếng Việt

1. Đặng Thị An, Nguyễn Phương Hạnh, Nguyễn Đức Thịnh (2008), “Đất bị ô nhiễm kim loại nặng ở một số khu vực của Việt Nam”, *Tạp chí khoa học đất*, (29), tr. 59 – 61.
2. Bùi Hải An, (2010), “Nghiên cứu khả năng hấp phụ Cadimi và chì trong đất của bentonite và than bùn”, Luận văn thạc sỹ khoa học môi trường, Trường Đại học khoa học tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội.
3. Lê Huy Bá (chủ biên) (2008), *Độc học môi trường cơ bản*, NXB Đại học quốc gia thành phố Hồ Chí Minh.
4. Lê Huy Bá (2006), *Độc học môi trường (phần chuyên đề)*, NXB Đại học quốc gia thành phố Hồ Chí Minh.
5. Bộ Tài nguyên và môi trường (2010), *Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về môi trường năm 2010*, NXB Lao động, Hà Nội.
6. Nguyễn Đức Chuy, Trần Thị Mây, Nguyễn Thị Thu (2002). Nghiên cứu chuyển hóa tro bay thành sản phẩm chứa zeolit và một số tính chất đặc trưng của chúng. *Tạp chí khoa học – ĐH Sư phạm Hà Nội*, (4), tr. 1-4.
7. Tạ Ngọc Đôn, Hoàng Trọng Yêm (2004). Nghiên cứu chuyển hóa kaolin thành zeolit NaY - ứng dụng làm xúc tác trong một số phản ứng hóa học. *Tạp chí Hóa học*, (42), tr. 293 – 297.

8. Tạ Ngọc Đôn, Nguyễn Thị Thoa, Vũ Đào Thắng (2006). Nghiên cứu tổng hợp Zeolit NaX và một số yếu tố ảnh hưởng đến quá trình tổng hợp Zeolit NaX từ Phlogopit. *Tạp chí Hóa học*, (44), tr. 30 - 34.
9. Lê Đức (2004), *Nguyên tố vi lượng* – Bài giảng lưu hành nội bộ, Trường Đại học Khoa học tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội.
10. Đỗ Thu Hà, Phạm Quang Hà (2008), “Chỉ tổng số và mối quan hệ với một số tính chất lý hóa học của đất phù sa sông Hồng”, *Tạp chí khoa học đất*, (30), tr. 16 – 19.
11. Nguyễn Xuân Hải, Dương Tú Oanh (2006), “Bước đầu nghiên cứu ô nhiễm môi trường nông nghiệp xã Tây Tựu, huyện Từ Liêm, Hà Nội và đề xuất biện pháp giảm thiểu”, *Tạp chí khoa học đất*, (26), tr. 124 – 128.
12. Nguyễn Xuân Hải, (1996), *Cải tạo đất nhà kính bằng chất hấp phụ*, Luận án tiến sĩ khoa học Thổ nhưỡng, Matxcova.
13. Nguyễn Thị Đức Hạnh, (2002), “*Một số loại Bentonite ở Việt Nam và ứng dụng trong cải tạo đất*”, Luận văn thạc sĩ khoa học môi trường, Trường Đại học khoa học tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội.
14. Nguyễn Thị Thanh Huyền, Nguyễn Văn Hạnh, Trần Văn Lùng (2006). Nghiên cứu công nghệ chế biến bột trợ lọc từ quặng diatomit mỏ Hòa Lộc, Phú Yên; *Khoa học công nghệ mỏ*, (2), tr. 12 - 15.
15. Nguyễn Thị Lan Hương (2006), “Hàm lượng kim loại nặng trong đất các khu công nghiệp Hà Nội”, *Tạp chí khoa học đất*, (26), tr. 129 – 131.
16. Lê Văn Khoa (1994), *Môi trường và ô nhiễm*, NXB Giáo dục, Hà Nội.
17. Lê Văn Khoa, Lê Đức và nnk (2000), *Phương pháp phân tích đất – nước – phân bón – cây trồng*, NXB Giáo dục, Hà Nội.
18. Bùi Thị Phương Loan, Nguyễn Quang Hải, Kazuhiko Egashira (2009), “So sánh khả năng hấp thu kim loại nặng của đất phù sa và đất xám bạc màu ở thành phố Hà Nội, Việt Nam”, *Kết quả nghiên cứu khoa học Viện Thổ Nhưỡng nông hóa*, quyển 5, NXB Nông nghiệp, Hà Nội, tr.466 – 476.
19. Bùi Thị Phương Loan, Phạm Quang Hà, Nguyễn Thị Lan và nnk (2009), “Kết quả quan trắc môi trường đất một số vùng ở miền Bắc Việt Nam”, *Kết quả nghiên cứu khoa học Viện Thổ Nhưỡng nông hóa*, quyển 5, NXB Nông nghiệp, Hà Nội, tr. 430 – 438.

20. Võ Văn Minh (2007), Khả năng hấp thụ Cd, Pb, Cr trong đất của cỏ Vetiver, *Tạp chí Khoa học Đất số 27/2007*.
21. Nguyễn Ngọc Minh, Đào Châu Thu (2010), *Khoáng học đất và môi trường*, Bài giảng lưu hành nội bộ, Trường Đại học Khoa học tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội.
22. Trịnh Thị Thanh và nnk (2001), *Độc học môi trường và sức khỏe con người*, NXB Đại học quốc gia Hà Nội.
23. Lê Đức Trung, Nguyễn Ngọc Linh, Nguyễn Thị Thanh Thúy. Sử dụng vật liệu hấp phụ tự nhiên để xử lý kim loại nặng trong bùn thải công nghiệp. *Tạp chí phát triển khoa học công nghệ tập 10*, số 01 năm 2007.
24. Hà Mạnh Thắng, Phạm Quang Hà, Lê Thị Thủy và nnk (2009), “Hàm lượng Cadimi trong một số loại đất chính Việt Nam và độc học của Cadimi với môi trường sinh thái”, *Kết quả nghiên cứu khoa học Viện Thổ Nhưỡng nông hóa*, quyển 5, NXB Nông nghiệp, Hà Nội, tr. 451 - 465.
25. Đào Châu Thu (2003), *Khoáng sét và sự liên quan của chúng với một vài chỉ tiêu lý hóa học trong một số loại đất Việt Nam*, NXB Nông Nghiệp, Hà Nội.
26. Viện Địa Chất (2003), *Báo cáo tổng kết đề tài KH – CN cấp trung tâm (2001 – 2002) Đánh giá tiềm năng Bentonit, Diatomit; khả năng sử dụng phục vụ phát triển kinh tế Tây Nguyên*, Hà Nội.
27. Nguyễn Công Vinh, Ngô Đức Minh (2007), “Ảnh hưởng của ô nhiễm từ các làng nghề đến sự tích lũy Cadimi và kẽm trong đất lúa và lúa ở một số vùng đồng bằng sông Hồng”, *Tạp chí khoa học đất*, (27), tr.103 – 109.

Tiếng Anh

28. Alloway B. J. (1990), *Heavy metals in soils*, Blackie, London.
29. Barrer R.M. (1982). Hydrothermal chemistry of zeolites. *Academic Press*
30. Baydina N.L. (1996). Inactivation of heavy metals by humus and zeolites in industrially contaminated soils. *Eurasian Soil Sci.* 28:96–105.
31. Bliznakov, G. and E. Gocheva, 1978. Physicochemical properties of some Bulgarian Kieselguhrs: II. Adsorption properties of some Bulgarian Kieselguhrs. *Izv. Khim.*, 11: 142-152.
32. Breck D. W. (1974). Zeolite and molecular sieve, *structure, chemistry and use*. New York. John Willey and sons.

33. Brummer G. W. (1986), "Heavy metal species, mobility and availability in soils", in *the importance of chemical speciation in environmental processes*, Dahlem Konferenzen, Berlin, p. 169 – 192.
34. Brummer G. W., Herms U. (1983), "Influence of soil reaction and organic matter on solubility of heavy metals in soils", in *Effects of accumulation of air pollutants in forest ecosystems*, D. Reidel publishing company, Dordrecht, Germany, p.233 – 243.
35. Hamidpour M., Kalbasi M., Afyuni M., Shariatmadari H., Holm P.E., Hansen H.C.B. (2010). Sorption hysteresis of Cd(II) and Pb(II) on natural zeolite and bentonite . *Journal of Hazardous Materials*, 181 (1-3), 686-691.
36. Henmi T. (1987). Synthesis of hydroxi-sodalite ("zeolite") from waste coal ash. *Soil Sci. Plant. Nutri.* 33, 517-521.
37. Iler, R.K., 1979. The Chemistry of Silica. Wiley, New York. 866 pp. IUPAC, 1994. In: Rouquérol, J.,Avnir, D., Fairbridge,C.W., Everett, D.H., Haynes, J.H., Pernicone,N.,Ramsay, J.D.F., Sing,K.S.W., Unger, K.K. (Eds.), Recommendations for the Characterisation of Porous Solids (Recommendations 1994). *Pure & Appl. Chem.*, vol. 66, p. 1739.
38. Jutmas Juntaramitree (1999) "The feasibility of removing heavy metals from sewage sludge for agricultural applications using fly ash and bottom ash", *The degree of master of science, Asian Institute of Technology School of Environment, Resource and Development Bangkok, Thailand*.iii, 22-34].
39. Lindsay W.L (1979), *Chemical equilibria in soil*, Wiley, Newyork
40. Mattigod S. V., Sposito G., Page L. A. (1981), "Factors affecting the solubilities of trace metals in soils", *In American Society of Agronomy and American Soil science Society special publication, Chemistry in the soils environment, Wisconsin, USA*, (40), p. 203 – 221.
41. Mc Bride M. B. (1989), "Reactions controlling heavy metal solubility in soil", *Advanced in soil science*, (10), p. 1-56.
42. Mendioroz, S., M.J. Belzunce and J.A. Pajares, 1989. Thermogravimetric study of diatomites. *J. Thermal Anal. Calorimetry*, 35: 2097-2104.
43. Ming D.W., Lofgren G.E. (1990). Crystal morphologies of mineral formed by hydrothermal alteration of synthetic lunar basaltic glass. In: LA Douglas

- (Editor). *Soil micromorphology: A basic and Applied Science*, Elsevier, Amsterdam, 463-470.
44. Murayama N., Yamamoto H., Shibata J. (2002). Mechanism of zeolite synthesis from coal fly ash by alkali hydrothermal reaction. *Int. J. Miner. Process*, 64, 1-17.
45. Murer, A.S., E. Mobil, K.L. Mc-Clennen, T.K. Ellison and E. Mobil et al., 2000. Steam injection project in heavy-oil diatomite. *SPE. Reservoir Evaluation Eng.*, 3: 2-12.
46. Nriagu J. O., Pacyna J. M. (1988), "Quantitative assessment of worldwide contamination of air, water and soils by trace metals", *Nature*, (333), p. 134 – 139.
47. Ollier C. (1984), "Weathering", *Geomorphology texts*, 2nd edition, (2), Longman, London.
48. Paschen, S., 1986. Diatomaceous earth extraction, processing and application. *Erzmetall*, 39: 158-161.
49. Pendias Alina Kabata (2000), *Trace elements in Soil and Plants*, 3rd edition, CRC Press, New York.
50. Plant J.A., Raiswell R. (1983), "Principles of environmental geochemistry", *Applied environmental geochemistry*, Academic Press, London, p.1 – 39.
51. Rieuwerts J.S., Ashmore M.R., Farrago M.E., Thornton I. (2006), "The influence of soil characteristics on the extractability of Cd, Pb and Zn in upland and moorland soils", *Science of total environment*, (366), p. 864 -875.
52. Ross Sheila (1994), *Toxic metals in soils – Plants systems*, John Wiley & Son Press, New York.
53. Roy W.R., Thiery R.G., Schuller R.M., Suloway J.J. (1981). Coal fly ash: a review of the literature and proposed classification system with emphasis on environmental impacts. *Environmental geology notes 96*. Champaign, IL: Illinois State Geological Survey.
54. Slack, A.V. (1981), "Control of Pollution from Combustion Processes: Chemistry of Coal Utilization, second supplementary volume". A Wiley - Interscience Publication, Canada.

55. Sposito G. (1983), "The chemical form of trace metals in soils", *Applied environmental geochemistry*, p. 123 – 170, Academic Press Geology series, London.
56. Zhaolun, W., Y. Yuxiang, Q. Xuping, Z. Jianbo, C. Yaru and N. Linxi, 2005. Decolouring mechanism of zhejiang diatomite. application to printing and dyeing wastewater. *Environ. Chem. Lett.*, 3: 33-37.