

# TỔNG HỢP VẬT LIỆU HẤP PHỤ TỪ BENTONITE VÀ VỎ TRÁU ỨNG DỤNG XỬ LÝ NƯỚC THẢI TẠI TRƯỜNG ĐẠI HỌC CỬU LONG<sup>1</sup>

Trương Linh Phương\*

## TÓM TẮT

Nghiên cứu này được thực hiện nhằm tạo ra một loại vật liệu hấp phụ rẻ tiền từ bentonite và vỏ trấu có khả năng hấp phụ, loại bỏ các chất gây ô nhiễm. Kết quả thực nghiệm cho thấy, đã tổng hợp thành công vật liệu hấp phụ với tỉ lệ phối trộn bentonite/vỏ trấu là 50/50% (wt/wt), nhiệt phân ở 600°C trong 2 giờ (M50-600/2h). Đặc tính vật liệu được nghiên cứu bằng các phương pháp XRD, SEM và BET. Kết quả XRD cho thấy, vật liệu hấp phụ có các peak đặc trưng của nguyên liệu chính là bentonite, vỏ trấu nhiệt phân; qua ảnh SEM có cấu trúc xốp hơn so với bentonite thô; có diện tích bề mặt  $S_A = 87,0 \text{ m}^2/\text{g}$  lớn hơn khoảng 4,1 lần so bentonite thô ( $S_A = 21,2 \text{ m}^2/\text{g}$ ), và lớn hơn gần 2,5 lần bentonite trong tài liệu tham khảo quốc tế ( $S_A = 35,0 \text{ m}^2/\text{g}$ ). Thực nghiệm khảo sát khả năng hấp phụ trên dung dịch nước thải đã sơ xử lý cơ học tại trường Đại học Cửu Long, kết quả làm mất màu hoàn toàn với hiệu suất đạt 100%.

Từ khóa: Nước thải, bentonite, vỏ trấu nhiệt phân.

## ABSTRACT

This study combined bentonite and pyrolysis husk to produce adsorbent that can be used to remove contaminants. The results showed that the synthesized adsorbent was successfully produced by mixing bentonite/husk with the ratio of 50/50% (wt/wt), and the pyrolysis conditions were 600°C for 2 hours. The material characteristics were analyzed using XRD, SEM and BET methods. The XRD results showed that the adsorbent still has specific peaks of bentonite and pyrolysis of rice husks. SEM images showed the higher porous structure than the raw bentonite, and the specific surface area of adsorbent was  $S_A = 87.0 \text{ m}^2/\text{g}$ , these were showed about 4.1 times larger than the raw bentonite material (about  $21.2 \text{ m}^2/\text{g}$ ) and 2.5 times larger than raw bentonite from international references (about  $35.0 \text{ m}^2/\text{g}$ ). The experiments were carried out with waste water in Mekong University and results showed that the color's compounds were absorbed 100%.

Key words: Waste water, bentonite, pyrolysis husk.

<sup>1</sup> Đề tài này được Trường Đại học Cửu Long tài trợ kinh phí nghiên cứu khoa học giai đoạn 2013-2014.

\* Thạc sĩ, Khoa Khoa học Nông nghiệp, trường Đại học Cửu Long

## 1. Mở đầu

Nước là nguồn tài nguyên vô cùng quan trọng cho tất cả các sinh vật trên trái đất. Ngày nay, cùng với sự phát triển kinh tế, khoa học kỹ thuật và cuộc sống của con người được nâng cao, nhu cầu về nước ngày càng tăng dẫn theo sự ô nhiễm môi trường xảy ra ngày một nghiêm trọng hơn. Nên việc giải quyết vấn đề ô nhiễm môi trường đang trở nên cấp thiết và là mối quan tâm hàng đầu của toàn nhân loại. Để góp phần giải quyết tình trạng ô nhiễm môi trường nước trong sản xuất công nghiệp cũng như nhu cầu cấp thiết từ đơn vị, việc nghiên cứu tổng hợp vật liệu có khả năng hấp phụ tốt từ nguồn nguyên liệu rẻ tiền, có sẵn trong tự nhiên nhằm loại bỏ được các chất độc hại trong nước thải. Bentonite là sự lựa chọn tốt nhất sau khi tham khảo các nghiên cứu trước đó cũng như là các yếu tố thị trường, nguồn hàng, môi trường,...

Ngoài ra, vỏ trấu là phụ phẩm của ngành nông nghiệp cũng rất rẻ tiền, dễ tìm kiếm nên

được ứng dụng vào nhiều lĩnh vực khác nhau: xử lý môi trường, công nghiệp sillicat, phụ gia pozzolan cho xi măng, gốm, nguyên liệu sản xuất các zeolite, composite,...

Từ các nghiên cứu cho thấy, vỏ trấu và bentonite đều có khả năng trao đổi ion và hấp phụ màu, các kim loại nặng hay các chất độc hại trong nước thải, lại rẻ tiền, dễ tổng hợp nên được ứng dụng kết hợp trong xử lý nước thải nhằm giảm thiểu ô nhiễm môi trường...và xuất phát từ thực tế đơn vị công tác...Vì những lý do trên là cơ sở để nghiên cứu đề tài: ***“Tổng hợp vật liệu hấp phụ từ bentonite và vỏ trấu ứng dụng xử lý nước thải tại trường Đại học Cửu Long”***.

## 2. Thực nghiệm

### 2.1 Nước thải

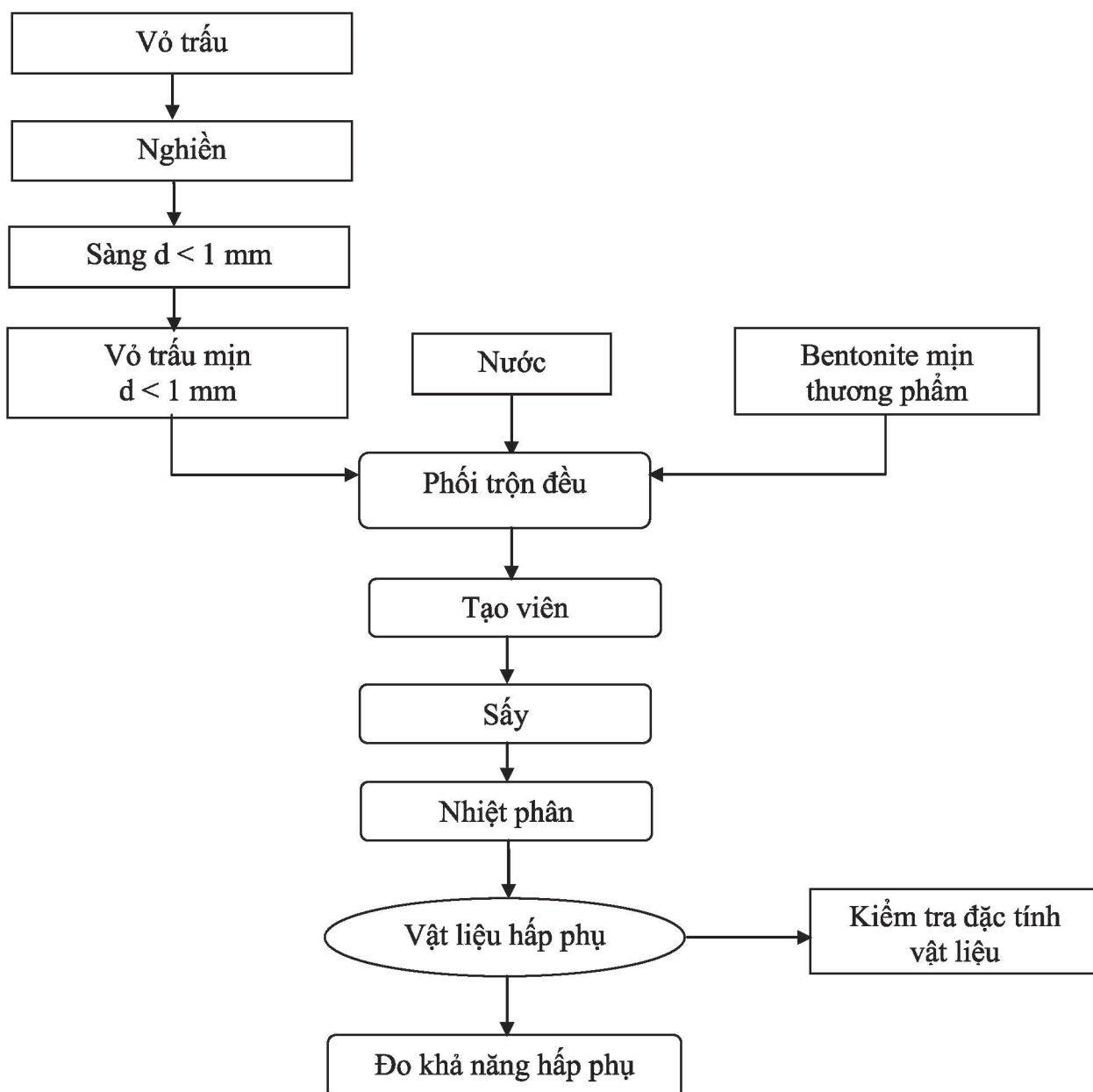
Nước thải được lấy tại các nguồn thải tại trường Đại học Cửu Long. Các thông số thành phần nước thải được lấy mẫu và phân tích bằng các phương pháp theo hướng dẫn QCVN 40: 2011/BTNMT, bảng sau:

*Bảng 1. Thành phần nước thải sử dụng trong nghiên cứu và giá trị nồng độ theo tiêu chuẩn nước thải loại B*

Các thông số	Đơn vị	Nồng độ nước thải nghiên cứu	Nồng độ theo tiêu chuẩn loại B
pH	-	7,30	5,5 đến 9
Màu	Pt/Co	196	150
COD	mg/l	19,0	150
BOD <sub>5</sub> (20°C)	mg/l	11,0	50

## 2.2 Phương pháp chế tạo vật liệu

### Sơ đồ quy trình



Hình 1. Sơ đồ quy trình chế tạo và kiểm tra đặc tính của vật liệu bentonite kết hợp vỏ trấu nhiệt phân làm vật liệu hấp phụ nước thải

### Thuyết minh quy trình chế tạo vật liệu hấp phụ

Bentonite thô mịn được trộn với vỏ trấu đã nghiền và sàng ( $d < 1$  mm) tạo thành hỗn hợp đồng nhất. Hỗn hợp bentonite thô và vỏ

trấu thêm nước tạo hạt hình trụ với kích thước xác định (5 x 5 mm), sau đó làm khô tự nhiên bằng nhiệt độ phòng rồi đem nhiệt phân kết khối được gọi là vật liệu hấp phụ (VLHP).

Mẫu VLHP M50-600/2h tổng hợp bằng

cách phối trộn bentonite với vỏ trấu ở tỉ lệ 50/50 % (wt/wt) và nhiệt phân kết khối ở 600°C trong 2h.

Mẫu VLHP M0-400/2h (bentonite thô) tổng hợp bằng cách dùng bentonite thô tạo hạt rồi đem nhiệt phân ở 400°C trong 2h.

Mẫu vật liệu hấp phụ M50-600/2h sẽ được so sánh đối chiếu với mẫu M0-400/2h (bentonite thô) và bentonite thô từ nguồn quốc tế.

### Phương pháp phân tích đặc tính vật liệu

Phân tích cấu trúc của vật liệu: sử dụng phương pháp đo XRD để xác định cấu trúc đặc trưng của vật liệu, chụp ảnh SEM, kiểm tra diện tích bề mặt riêng bằng phương pháp BET. Dùng phương pháp quang phổ UV-Vis: đo nồng độ màu trước và sau khi sử dụng vật liệu hấp phụ. Đánh giá hoạt tính của vật liệu dựa vào hiệu suất quá trình hấp phụ.

### Khảo sát khả năng hấp phụ của vật liệu trên mẫu nước thải

Nước thải sau khi lấy mẫu được ly tâm với tốc độ 2400 vòng/phút trong 5 phút sau đó lọc qua giấy lọc. Lấy 100 ml dung dịch đã qua lọc cho vào erlen 250 ml chứa 10g ( $\pm$  10 mg) VLHP và thực hiện hấp phụ theo thời

gian ở nhiệt độ phòng. Đo chỉ số màu trước và sau khi hấp phụ tại bước sóng  $\lambda = 436$  nm bằng máy quang phổ UV - Vis. Tính nồng độ màu trước và sau khi hấp phụ theo TCVN: 6185-2008 Chất lượng nước-kiểm tra và xác định màu sắc.

Hiệu suất hấp phụ được tính theo công thức: 
$$H = \frac{(C_o - C_x)}{C_o} \cdot 100\% \quad (1.3)$$

Trong đó:  $C_o$ ,  $C_x$  lần lượt là nồng độ ban đầu và nồng độ sau khi hấp phụ.

Khả năng (dung lượng) hấp phụ được tính theo công thức: 
$$q = \frac{(C_o - C_{cb}) \cdot V}{m} \quad (1.2)$$

Trong đó: q - khả năng hấp phụ (mg/g)

m - khối lượng vật liệu hấp phụ (g)

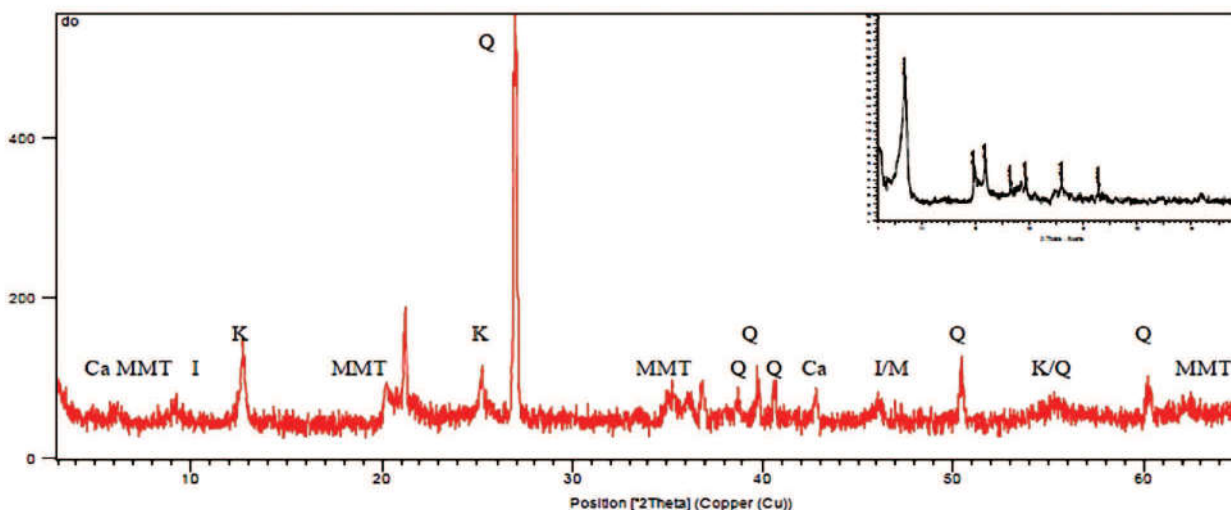
V - thể tích của dung dịch bị hấp phụ (ml)

$C_o$ ,  $C_{cb}$  - nồng độ ban đầu, nồng độ tại thời điểm cân bằng (mg/l)

## 3. Kết quả và bàn luận

### 3.1 Kết quả phân tích XRD của M50-600/2h và M0-400/2h

Phổ nhiễu xạ tia X được ghi trên máy D8 Advanced Bruker-Germany với anot  $Cu(K\alpha)$  có  $\lambda = 0,154060$  [Å], dòng điện 40 mA, 40 kV, tốc độ 0,02°/s, góc quét  $2\theta = 3 \div 65^\circ$  ở 25°C, kết quả xem (hình 2), (hình 3) .



Hình 2. Giản đồ phổ nhiễu xạ tia X của bentonite thô nhiệt phân ở 400°C

### Nhận xét và bàn luận

Theo một số tài liệu (Steve J. C. and David. L. B, 2001), (Yan Liang-gua, *et al.*, 2010), (B. Caglar, *et al.*, 2009) thì các đỉnh đặc trưng sét MMT có các đỉnh ở  $2\theta = 6,94^\circ; 19,81^\circ; 35,92^\circ; 61,84^\circ$  và Quartz  $2\theta \approx 26,5^\circ$ .

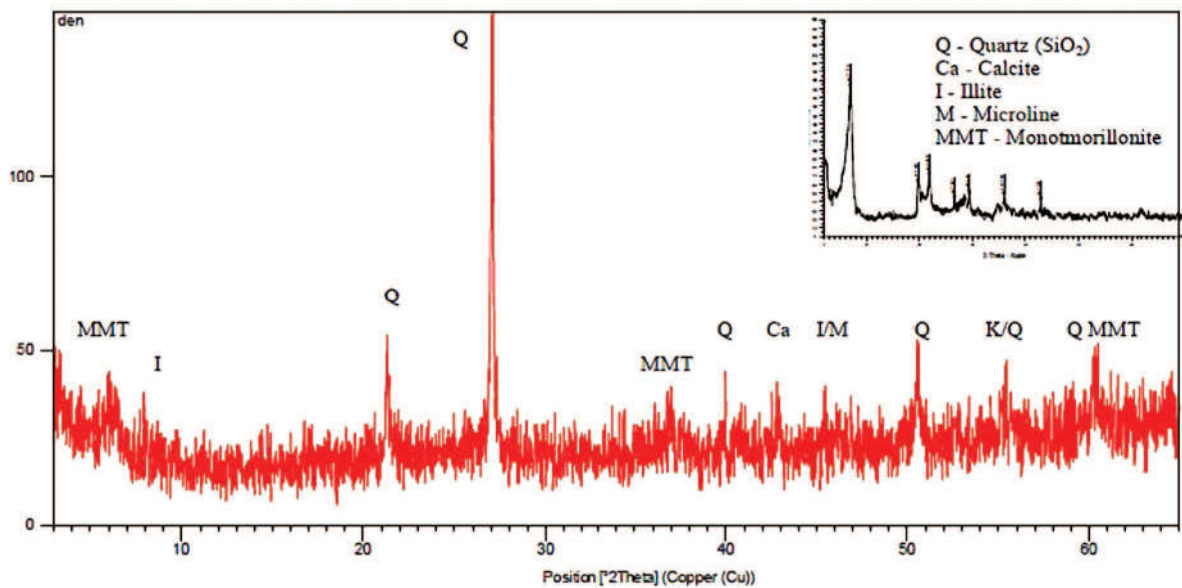
Quan sát giản đồ, cho thấy các peak đặc trưng của bentonite xuất hiện:

- + Đặc trưng của MMT xuất hiện tại các vạch:  $2\theta = 5,94^\circ; 20,02^\circ; 35,18^\circ; 62,04^\circ$ .
- + Illite xuất hiện tại peak:  $2\theta = 9,12^\circ; 46,01^\circ$ .
- + Kaoline tại peak:  $2\theta = 12,5^\circ; 54,82^\circ$ .

+ Đồng thời các kim loại đặc trưng của khoáng:  $\text{SiO}_2$  xuất hiện với cường độ mạnh tại peak:  $2\theta = 21,4^\circ; 26,9^\circ; 39,8^\circ; 50,6^\circ; 60,4^\circ$ .

+ Cường độ calcite xuất hiện tại  $2\theta = 42,8^\circ$ .

Kết quả trên cho thấy bentonite Lâm Đồng có các thành phần đặc trưng của khoáng sét montmorillonite và một số kim loại đặc trưng của khoáng này, đặc biệt là hàm lượng  $\text{SiO}_2$  rất cao. Kết quả này phù hợp với thành phần hóa học của nguyên liệu bentonite Lâm Đồng thương phẩm, bentonite Prolabo-Pháp và bentonite thương mại tiêu chuẩn quốc tế (Phạm Thị Hà Thanh, 2011).



Hình 3. Giản đồ phổ nhiễu xạ tia X của mẫu vật liệu hấp phụ M50-600/2h

### Nhận xét và bàn luận

Quan sát giản đồ, ta thấy các peak đặc trưng của bentonite xuất hiện:

- + Đặc trưng của MMT xuất hiện các vạch:  $2\theta = 6,4^\circ; 37,1^\circ; 60,4^\circ$ .
- + Illite xuất hiện tại peak:  $2\theta = 8,92^\circ; 45,76^\circ$ .

+ Đồng thời các kim loại đặc trưng của khoáng:  $\text{SiO}_2$  xuất hiện với cường độ mạnh tại peak:  $2\theta = 21,5^\circ; 27^\circ; 40^\circ; 50,2^\circ; 60,1^\circ$ .

+ Cường độ calcite xuất hiện tại  $2\theta = 42,8^\circ$ .

Từ giản đồ cho thấy, các đặc trưng khoáng có sự thay đổi vị trí khá rõ ở MMT:  $2\theta$

= 6,4°; 37,1°; 60,4°, còn các đặc trưng khoáng khác thay đổi không nhiều. Mặt khác, có sự biến mất của một số chất như: kaoline tại peak:  $2\theta = 12,5^\circ$ ; MMT:  $2\theta = 19,81^\circ$ .

Điều này được giải thích do VLHP M50-600/2h được tạo thành bằng việc phối trộn với vỏ trấu nên hàm lượng bentonite bị giảm xuống 50% làm các peak không cao và rõ như VLHP M0-400/2h trên. Mặt khác, vỏ trấu khi nung tạo thành một phần cacbon vô định hình và một phần  $\text{SiO}_2$  vô định hình:  $2\theta = 21,5^\circ$  được

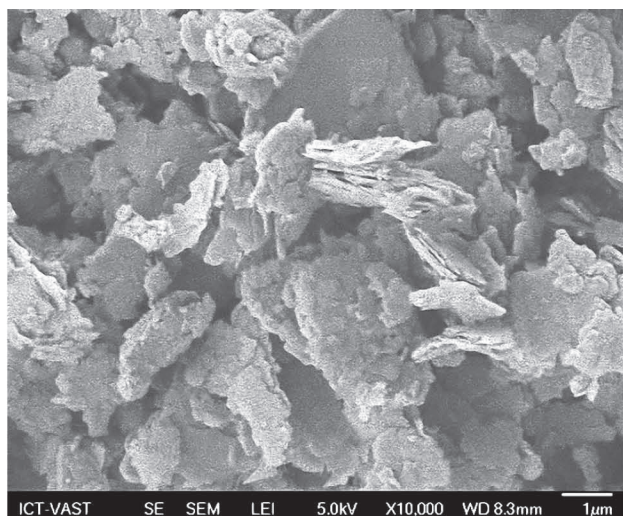
hình thành và các tạp chất khác nằm chồng lên làm nền của nó bị nhiễu nhưng lại có dạng của cacbon vô định hình mặc dù hàm lượng thấp.

### Kết luận

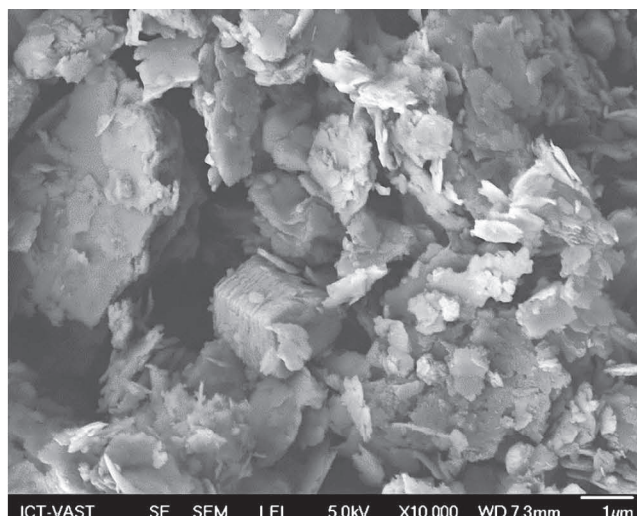
Qua giản đồ phổ nhiễu xạ tia X cho thấy VLHP M50-600/2h có các peak đặc trưng của bentonite và vỏ trấu nhiệt phân và nhiều tạp chất khác nằm trong tro khoáng của vỏ trấu, kết quả này phù hợp với thành phần của nguyên liệu chính là bentonite và vỏ trấu của Việt Nam và quốc tế.

### 3.2 Kết quả chụp kính hiển vi điện tử quét (SEM)

Các mẫu vật liệu hấp phụ được chụp ảnh SEM, kết quả xem (hình 4), (hình 5).



Hình 4. Ảnh SEM của bentonite thô nhiệt phân ở 400°C



Hình 5. Ảnh SEM của M50-600/2h

### Nhận xét và bàn luận

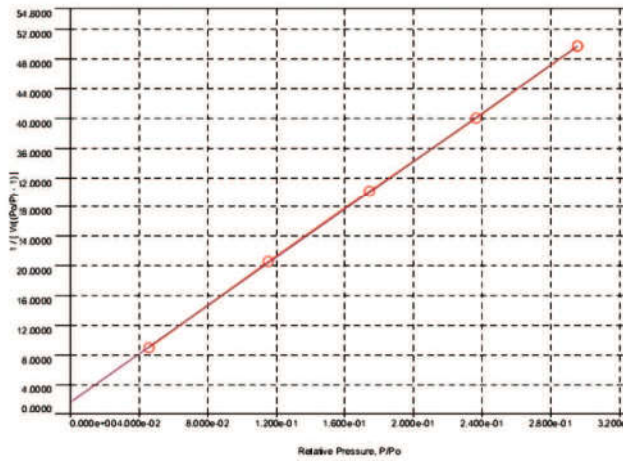
Quan sát từ ảnh SEM của VLHP M50-600/2h, có thể thấy cấu trúc của VLHP khá xốp hơn so với bentonite thô. Điều này được giải thích do nguyên liệu được phối trộn cùng vỏ trấu với tỉ lệ khá cao (50%) khi đem nhiệt phân vỏ trấu sẽ than hóa thành  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$  và  $\text{H}_2\text{O}$  để lại cấu trúc rỗng. Cấu trúc xốp trên được xem

là một trong những nguyên nhân làm tăng khả năng hấp phụ của VLHP M50-600/2h so với bentonite thô.

### Kết luận

Qua ảnh SEM cho thấy, VLHP M50-600/2h có cấu trúc xốp hơn so với bentonite thô nhiệt phân ở 400°C (M0-400/2h). Một vật liệu dùng để hấp phụ thì đặc tính quan trọng cần

có là khả năng hấp phụ tốt, xốp, rỗng về cấu trúc. Từ ảnh SEM, cấu trúc VLHP M50-600/2h được tạo ra đáp ứng yêu cầu về độ xốp và thực nghiệm trên đã chứng tỏ VLHP M50-600/2h khả năng hấp phụ tốt hơn bentonite thô nhiệt phân ở 400°C (M0-400/2h). Kết quả trên phù hợp với lý thuyết và cả thực nghiệm. Cấu trúc xốp được dự đoán sẽ cho diện tích bề mặt riêng



Hình 6. Đường đẳng nhiệt hấp phụ và giải hấp N<sub>2</sub> của M0-400/2h

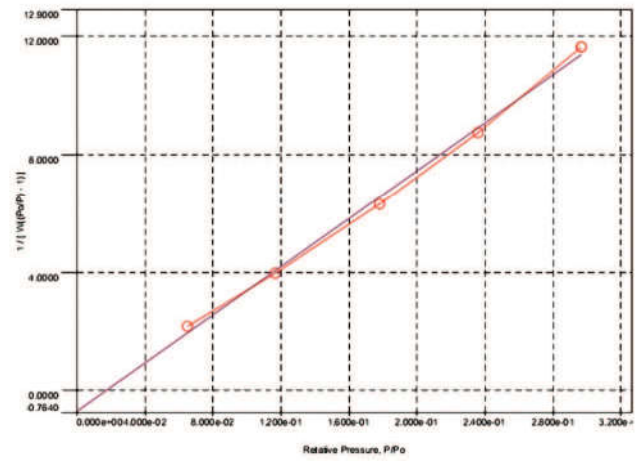
### Nhận xét và bàn luận

Kết quả đo BET cho thấy VLHP M50-600/2h có  $S_A = 87,000 \text{ m}^2/\text{g}$  (lớn hơn nhiều so với VLHP M0-400/2h có  $S_A = 21,195 \text{ m}^2/\text{g}$ ). Kết quả trên cho diện tích bề mặt riêng khá lớn so với bentonite thô ở tài liệu tham khảo là  $35,0 (\pm 1,1) \text{ m}^2/\text{g}$  (Trần Tứ Hiếu, 2003). Điều này được giải thích do sự phối trộn của vỏ trấu với hàm lượng khá lớn 50% khi nhiệt phân sẽ cháy hết các chất hữu cơ trong vỏ trấu tạo thành hỗn hợp SiO<sub>2</sub> vô định hình và carbon vô định hình có cấu trúc xốp, rỗng tạo khoảng trống khá lớn thích hợp cho quá trình hấp phụ. Kết quả này đã được dự đoán khi quan sát ảnh SEM. Kết quả trên góp phần chứng tỏ vật liệu tạo ra phù hợp với lý thuyết hấp phụ và thực nghiệm khảo sát.

lớn, xem kết quả đo BET.

### 3.3 Kết quả xác định diện tích bề mặt riêng (BET)

Sử dụng vật liệu hấp phụ M50-600/2h và M0-400/2h tổng hợp được để đo diện tích bề mặt riêng (BET), kết quả xem (hình 6), (hình 7):



Hình 7. Đường đẳng nhiệt hấp phụ và giải hấp N<sub>2</sub> của M50-600/2h

### Kết luận

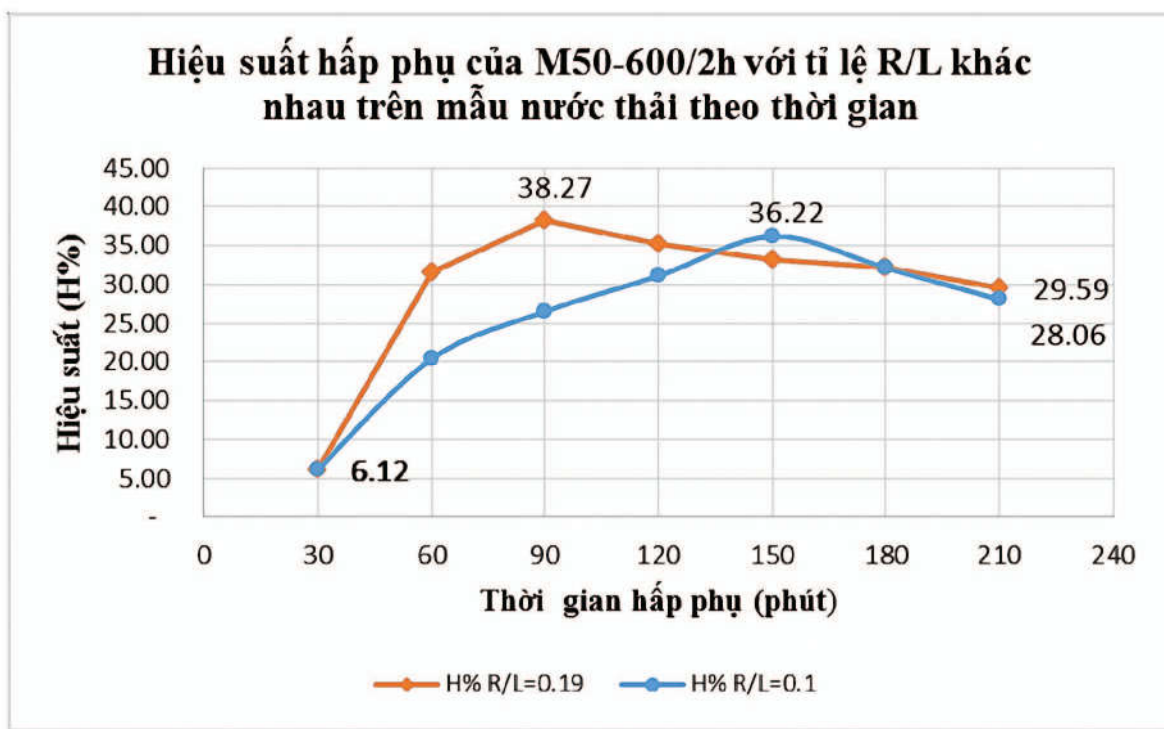
Kết quả đo diện tích bề mặt riêng cho thấy, vật liệu hấp phụ tổng hợp được M50-600/2h có  $S_A = 87,000 \text{ m}^2/\text{g}$  lớn hơn 4,1 lần so với vật liệu bentonite thô M0-400/2h có  $S_A = 21,195 \text{ m}^2/\text{g}$  và lớn hơn bentonite thô từ nguồn quốc tế với  $S_A = 35,0 (\pm 1,1) \text{ m}^2/\text{g}$ . Kết quả này khẳng định phù hợp lý thuyết quá trình hấp phụ và thực nghiệm khảo sát đã thực hiện.

### 3.4 Kết quả khảo sát khả năng hấp phụ màu của VLHP M50-600/2h trên mẫu nước thải

Kết quả hấp phụ được tổng hợp ở bảng sau:

Bảng 2. Hiệu suất và dung hấp của vật liệu hấp phụ M50-600/2h với tỉ lệ rắn/lỏng (R/L) khác nhau trên mẫu nước thải theo thời gian hấp phụ

Thời gian (phút)		30	60	90	120	150	180	210
R/L=0,10	H (%)	6,12	20,41	24,49	31,12	<b>36,22</b>	32,14	28,06
	q (mg/g)	0,12	0,40	0,48	0,61	<b>0,71</b>	0,63	0,55
R/L=0,19	H (%)	6,12	31,63	<b>38,27</b>	35,20	33,16	32,14	29,59
	q (mg/g)	0,12	0,62	<b>0,75</b>	0,69	0,65	0,63	0,58



Hình 8. Hiệu suất hấp phụ màu của VLHP M50-600/2h với tỉ lệ R/L khác nhau theo thời gian hấp phụ

Bảng 3. Hiệu suất và dung hấp của vật liệu hấp phụ M50-600/2h với tỉ lệ R/L khác nhau trên mẫu nước thải sau 48h hấp phụ tĩnh

Tỉ lệ	Nồng độ nước thải		Hiệu suất H (%)	Dung hấp q (mg/g)	Tiêu chuẩn nước thải loại B (mg/l)
	C <sub>o</sub> (mg/l)	C <sub>cb</sub> (mg/l)			
R/L= 0,10	196	4	97,96	1,92	150
R/L= 0,19		0	100	1,96	



### Nhận xét và bàn luận

Khi cho VLHP M50-600/2h vào 100 ml dung dịch nước thải đã sơ xử lý cơ học vào hấp phụ như qui trình đã nêu và thực hiện hấp phụ theo thời gian ở nhiệt độ phòng. Kết quả cho thấy, độ màu của nước thải đã giảm được 36,22% từ 196 mg/l (Pt-Co) xuống 125 mg/l (Pt-Co) đối trong 150 phút đầu hấp phụ tĩnh ở tỉ lệ R/L = 0,10. Đối với tỉ lệ R/L = 0,19 độ màu của nước thải đã giảm từ 196 mg/l còn 120 mg/l (Pt-Co) hiệu suất đạt 38,27% trong 90 phút đầu hấp phụ.

Và khi thực hiện hấp phụ trong 48 giờ. Kết quả cho thấy, độ màu của nước thải đã hấp phụ gần như hoàn toàn, đối với tỉ lệ R/L = 0,10 thì hiệu suất 98% và đối với tỉ lệ R/L = 0,19 là 100% với dung lượng hấp phụ tương ứng: 1,92 mg/g và 1,96 mg/g, đạt tiêu chuẩn nước thải loại B theo QCVN 40/BTNMT.

### Kết luận

Từ kết quả trên, cho thấy VLHP M50-600/2h có thể hấp phụ được màu nước thải được lấy tại trường Đại học Cửu Long, làm mất hoàn toàn: 196 mg/l (Pt-Co) màu, với hiệu suất hấp phụ đạt 100% với dung lượng hấp phụ: 1,96 mg/g trong 48 giờ hấp phụ tĩnh. Từ đó cho thấy, VLHP M50-600/2h có thể hấp phụ tốt loại nước thải này.

### Kết luận

Từ các kết quả khảo sát khả năng ứng dụng của bentonite kết hợp vỏ trấu nhiệt phân làm vật liệu xử lý nước thải, có thể đưa ra một số kết luận như sau:

a) Đã chế tạo thành công VLHP từ bentonite và vỏ trấu có tỉ lệ phối trộn bentonite/vỏ trấu là 50/50% (wt/wt) nhiệt

phân ở 600°C trong 2 giờ (M50-600/2h) có khả năng hấp phụ tốt màu trên nước thải tại trường Đại học Cửu Long.

b) Kết quả khảo sát đặc tính cấu trúc và bề mặt của VLHP như sau:

+ Qua phổ nhiễu xạ tia X (XRD), cho thấy: VLHP có các peak đặc trưng của bentonite và vỏ trấu nhiệt phân, kết quả này phù hợp với thành phần của nguyên liệu là bentonite và vỏ trấu của Việt Nam và quốc tế.

+ Qua ảnh SEM cho thấy: VLHP có cấu trúc xốp hơn so với bentonite thô, đáp ứng được yêu cầu về độ xốp cho một vật liệu hấp phụ.

+ Diện tích bề mặt riêng (BET), cho thấy: VLHP chế tạo được có  $S_A = 87,000 \text{ m}^2/\text{g}$ , lớn hơn 4,1 lần so vật liệu bentonite thô mẫu đối chứng có  $S_A = 21,195 \text{ m}^2/\text{g}$  và lớn hơn 2,5 lần bentonite thô từ nguồn quốc tế với  $S_A = 35,0 (\pm 1,1) \text{ m}^2/\text{g}$ .

c) VLHP M50-600/2h có khả năng hấp phụ tốt màu của nước thải được lấy từ nguồn thải tại trường Đại học Cửu Long, làm giảm hoàn toàn 196 mg/l (Pt-Co), với hiệu suất hấp phụ đạt 100% và dung lượng hấp phụ: 1,96 mg/g trong 48 giờ hấp phụ tĩnh, đạt tiêu chuẩn nước thải loại B theo QCVN 40/BTNMT.

d) Việc chế tạo VLHP dùng bentonite kết hợp vỏ trấu nhiệt phân làm vật liệu xử lý nước thải mang lại hiệu quả về việc tận thu phế phẩm của ngành nông nghiệp, tăng thêm giá trị kinh tế cho phế phẩm, giảm ô nhiễm môi trường từ phế phẩm và không tốn chi phí cho việc xử lý phế phẩm, VLHP lại không gây ô nhiễm môi trường, sau khi sử dụng xong có thể trả về môi trường tự nhiên làm phân bón...

Kết quả từ nghiên cứu trên, có thể hy vọng vào tiềm năng của khoáng sét Việt Nam kết hợp cùng một loại phế phẩm trong ngành nông nghiệp tạo ra các sản phẩm mới có giá thành rẻ, không độc, gần gũi với môi trường mà có thể xử lý được ô nhiễm môi trường.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Phạm Thị Hà Thanh và cộng sự, “Đánh giá khả năng chế tạo organoclay từ bentonite Bình Thuận”, *Tạp chí Hóa học*, 49(3A), tr. 133 -138, 2011.
2. QCVN 40:2011/BTNMT-Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải công nghiệp.
3. TCVN: 6185-2008 Chất lượng nước-kiểm tra và xác định màu sắc.
4. Trần Tứ Hiếu. *Phân tích quang phổ hấp thụ UV-Vis*. Nxb Đại học Quốc gia Hà Nội, Hà Nội, 2003.
5. Caglar B., *et al.*, “Characterization of the cation-exchanged bentonites by XRPD, ATR, DTA/TG analyses and BET measurement,” *Chemical Engineering Journal*, vol. 149, pp. 242-248, 2009.
6. Steve J. C. and David. L. B., “Baseline studies of the clay minerals source clays: powder X-ray diffraction analyses”, *Clays and Clay Minerals*, Vol 49, No 5, pp. 398-409, 2001.
7. Yan Liang-gua, *et al.*, “Adsorption of phosphate from aqueous solution by hydroxyl-aluminum, hydroxy-iron and hydroxyl-iron-aluminum pillared bentonites,” *Journal of Hazardous Materials*, Vol.179, pp. 244 - 250, 2010.

Ngày nhận bài: 12/12/2015

Ngày gửi phản biện: 10/3/2016