

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC DÂN LẬP HẢI PHÒNG**

---



ISO 9001:2008

# **KHÓA LUẬN TỐT NGHIỆP**

**NGÀNH: KỸ THUẬT MÔI TRƯỜNG**

**Sinh viên : Trần Thùy Linh**  
**Giảng viên hướng dẫn: TS.Võ Hoàng Tùng**

**HẢI PHÒNG - 2017**

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC DÂN LẬP HẢI PHÒNG**

-----

**NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA SÓNG SIÊU ÂM TẦN SỐ  
40KHz ĐẾN HIỆU QUẢ BIẾN TÍNH VỎ TRÁU ĐỀ HẤP PHỤ  
As VÀ Pb TRONG NƯỚC.**

**KHÓA LUẬN TỐT NGHIỆP ĐẠI HỌC HỆ CHÍNH QUY  
NGÀNH: KỸ THUẬT MÔI TRƯỜNG**

**Sinh viên : Trần Thùy Linh  
Giảng viên hướng dẫn: TS. Võ Hoàng Tùng**

**HẢI PHÒNG – 2017**

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC DÂN LẬP HẢI PHÒNG**

---

**NHIỆM VỤ ĐỀ TÀI TỐT NGHIỆP**

Sinh viên: Trần Thùy Linh

Mã SV:1312301041

Lớp: MT1701

Ngành: Kỹ thuật môi trường

Tên đề tài: “Nghiên cứu ảnh hưởng của sóng siêu âm tần số 40KHz đến hiệu quả biến tính vỏ trấu để hấp phụ As và Pb trong nước.”.

# NHIỆM VỤ ĐỀ TÀI

1. Nội dung và các yêu cầu cần giải quyết trong nhiệm vụ đề tài tốt nghiệp  
( về lý luận, thực tiễn, các số liệu cần tính toán và các bản vẽ).

.....

2. Các số liệu cần thiết để thiết kế, tính toán.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. Địa điểm thực tập tốt nghiệp.

.....

.....

## CÁN BỘ HƯỚNG DẪN ĐỀ TÀI TỐT NGHIỆP

### Người hướng dẫn thứ nhất:

Họ và tên: Võ Hoàng Tùng

Học hàm, học vị: Tiến sĩ

Cơ quan công tác: Trường ĐH Dân lập Hải Phòng

Nội dung hướng dẫn: Toàn bộ khóa luận

### Người hướng dẫn thứ hai:

Họ và tên:.....

Học hàm, học vị:.....

Cơ quan công tác:.....

Nội dung hướng dẫn:.....

Đề tài tốt nghiệp được giao ngày      tháng      năm 2017

Yêu cầu phải hoàn thành xong trước ngày      tháng      năm 2016

Đã nhận nhiệm vụ ĐTTN

*Sinh viên*

Đã giao nhiệm vụ ĐTTN

*Người hướng dẫn*

*Hải Phòng, ngày ..... tháng.....năm 2017*

**Hiệu trưởng**

**GS.TS.NGƯT *Trần Hữu Nghị***

## PHẦN NHẬN XÉT CỦA CÁN BỘ HƯỚNG DẪN

**1. Tinh thần thái độ của sinh viên trong quá trình làm đề tài tốt nghiệp:**

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

**2. Đánh giá chất lượng của khóa luận (so với nội dung yêu cầu đã đề ra trong nhiệm vụ Đ.T. T.N trên các mặt lý luận, thực tiễn, tính toán số liệu...):**

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

**3. Cho điểm của cán bộ hướng dẫn (ghi bằng cả số và chữ):**

.....  
.....  
.....

*Hải Phòng, ngày ... tháng ... năm 2017*

**Cán bộ hướng dẫn**

*(Ký và ghi rõ họ tên)*

## LỜI CẢM ƠN

Em xin gửi lời cảm ơn chân thành tới:

- TS.Võ Hoàng Tùng giảng viên khoa Môi trường -Trường ĐH Dân Lập Hải Phòng đồng thời là giảng viên giao đề tài và trực tiếp hướng dẫn tận tình để em có thể hoàn thành được nghiên cứu.
- Khoa Môi trường – Trường ĐH Dân Lập Hải Phòng đã tạo điều kiện tốt nhất để em hoàn thành nghiên cứu tại phòng thí nghiệm.
- Trung Tâm kỹ thuật tiêu chuẩn đo lường chất lượng Hải Phòng đã tạo điều kiện giúp đỡ em trong quá trình đo mẫu, thu thập kết quả.
- Các thầy cô giáo trong Khoa Môi Trường và các bạn sinh viên cùng hướng dẫn và làm việc trong phòng thí nghiệm.

Ngoài sự nỗ lực tìm tòi, nghiên cứu của bản thân, nhờ sự giúp đỡ của mọi người xung quanh, đặc biệt là các thầy cô, các bạn sinh viên khoa Môi trường đã đóng góp một phần không nhỏ trong nghiên cứu này.

Em xin chân thành cảm ơn!

*Hải Phòng, ngày tháng năm 2017*

*Sinh viên*

*Trần Thùy Linh*

# MỤC LỤC

<b>LỜI CẢM ƠN</b> .....	1
<b>LỜI MỞ ĐẦU</b> .....	1
<b>CHƯƠNG I: TỔNG QUAN</b> .....	3
1.1 Khái quát về Asen và Chì .....	3
1.1.1 Giới thiệu chung.....	3
1.1.2 Tính chất cơ bản.....	4
1.1.3 Ứng dụng và vai trò trong cuộc sống.....	7
1.2 Ô nhiễm nguồn nước bởi tác nhân Asen và Chì .....	7
1.3 Tác động tới sức khỏe con người.....	10
1.3.1 Ảnh hưởng của Asen tới sức khỏe của con người .....	10
1.3.2 Ảnh hưởng của nhiễm độc chì tới sức khỏe con người .....	11
1.4 Các phương pháp xử lý Asen và Chì trong nước.....	11
1.4.1 Phương pháp hấp phụ.....	12
1.5 Giới thiệu về vật liệu hấp phụ.....	16
1.6 Phương pháp chế tạo vật liệu hấp phụ. ....	19
1.6.1 Biến tính vỏ trấu bằng axit sunfuric.....	19
1.6.2 Sóng siêu âm và ảnh hưởng của nó đến quá trình hấp phụ. ....	19
1.7 Phương pháp phân tích kim loại Chì và Asen trong nước.....	21
1.7.1 Một số phương pháp phân tích kim loại nặng trong nước.....	21
1.7.2 Phương pháp phổ khối nguyên tử ICP – OES .....	22
<b>CHƯƠNG II: THỰC NGHIỆM</b> .....	24
2.1. Vật liệu .....	24
2.2. Mục tiêu nghiên cứu.....	24
2.3. Dụng cụ, thiết bị, hóa chất cần thiết cho nghiên cứu .....	24
2.3.1. Chuẩn bị dụng cụ, hóa chất.....	24
2.3.2. Chuẩn bị dung dịch thí nghiệm .....	25
2.4. Phương pháp nghiên cứu.....	25
2.4.1. Biến tính vỏ trấu bằng axit sunfuric.....	25
2.4.2. Khảo sát khả năng hấp phụ của VLHP đối với Pb.....	26
2.4.3. Khảo sát khả năng hấp phụ của VLHP đối với As .....	26



2.4.4. Khảo sát ảnh hưởng của thời gian siêu âm và nồng độ axit (trong quá trình chế tạo VLHP) đến hiệu quả hấp phụ As và Pb trong nước.....	26
2.4.5. So sánh khả năng hấp phụ của vật liệu thô, vật liệu đã qua biến tính và vật liệu được biến tính trong môi trường siêu âm.....	27
<b>CHƯƠNG III: KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN</b> .....	<b>28</b>
3.1. Ảnh hưởng của quá trình chế tạo VLHP đến hiệu quả hấp phụ Pb .....	29
3.2. Ảnh hưởng của quá trình chế tạo VLHP đến hiệu quả hấp phụ As.....	36
3.3. So sánh khả năng hấp phụ của vật liệu thô, vật liệu đã qua biến tính và vật liệu được biến tính trong môi trường siêu âm.....	43
<b>CHƯƠNG IV: KẾT LUẬN</b> .....	<b>47</b>
<b>TÀI LIỆU THAM KHẢO</b> .....	<b>48</b>

## DANH MỤC HÌNH ẢNH

Hình1.1: Asen .....	3
Hình1.2: Bột chì .....	4
Hình 1.3: Đồ thị đường đẳng nhiệt hấp phụ Langmuir .....	15
Hình1.4: Đồ thị xác định hằng số phương trình đẳng nhiệt hấp phụ Langmuir .....	16
hình1.5: Vỏ trấu.....	18
Hình1.6: Máy phân tích quang phổ phát xạ ICP-OES tại trung tâm tiêu chuẩn đo lường chất lượng Hải Phòng. ....	23
Hình 2.1: Đường chuẩn xác định nồng độ $Pb^{2+}$ sau hấp phụ.....	27
Hình 2.2: Đường chuẩn xác định nồng độ $As^{3+}$ sau hấp phụ .....	28
Hình 3.1 : Tải trọng hấp phụ cực đại của VLHP được biến tính với nồng độ axit 0.5M siêu âm trong các khoảng thời gian. ....	30
Hình3.2: Tải trọng hấp phụ cực đại của VLHP được biến tính với nồng độ axit 1M siêu âm trong các khoảng thời gian . ....	31
Hình 3.3: Tải trọng hấp phụ cực đại của VLHP được biến tính với nồng độ axit 2M trong các thời gian siêu âm.....	31
Hình 3.4: Tải trọng hấp phụ cực đại của VLHP được biến tính với nồng độ axit 3M siêu âm trong các khoảng thời gian . ....	32
Hình 3.5: Tải trọng hấp phụ cực đại của VLHP được biến tính với các nồng độ axit khác nhau trong thời gian siêu âm 30 phút .....	33
Hình 3.6: Tải trọng hấp phụ cực đại của VLHP được biến tính với các nồng độ axit khác nhau trong thời gian siêu âm 1 giờ. ....	34
Hình 3.7: Tải trọng hấp phụ cực đại của VLHP được biến tính với các nồng độ axit khác nhau trong thời gian siêu âm 1.5 giờ. ....	34
Hình 3.8: Tải trọng hấp phụ cực đại của VLHP được biến tính với các nồng độ axit khác nhau trong thời gian siêu âm 2 giờ. ....	35
Hình 3.10: Đồ thị tải trọng hấp phụ cực đại của VLHP được biến tính với các nồng độ axit khác nhau trong thời gian siêu âm 1 giờ. ....	38
Hình 3.11: Đồ thị tải trọng hấp phụ cực đại của VLHP được biến tính với các nồng độ axit khác nhau trong thời gian siêu âm 1.5 giờ.....	38
Hình 3.12: Đồ thị tải trọng hấp phụ cực đại của VLHP được biến tính với các nồng độ axit khác nhau trong thời gian siêu âm 2 giờ .....	39

Hình 3.13: Đồ thị tải trọng hấp phụ cực đại của VLHP được biến tính với nồng độ axit 0.5M và siêu âm trong các khoảng thời gian khác nhau. ....	40
Hình 3.14: Đồ thị tải trọng hấp phụ cực đại của VLHP được biến tính với nồng độ axit 1M và siêu âm trong các khoảng thời gian khác nhau . ....	41
Hình 3.15: Đồ thị tải trọng hấp phụ cực đại của VLHP được biến tính với nồng độ axit 2M trong các thời gian siêu âm . ....	41
Hình 3.16: Đồ thị tải trọng hấp phụ cực đại của VLHP được biến tính với nồng độ axit 3M và siêu âm trong các khoảng thời gian khác nhau. ....	42
Hình 3. 17: Biểu đồ tải trọng hấp phụ cực đại của Pb trong nước của 3 vật liệu từ vỏ trấu.....	44
Hình 3. 18: Biểu đồ tải trọng hấp phụ cực đại của As trong nước của 3 vật liệu từ vỏ trấu.....	45

## DANH MỤC BẢNG

Bảng 1.1: Bảng thống kê tổng diện tích và sản lượng lúa gạo Việt Nam ..... 16	16
từ năm 2000-2013 .....	16
Bảng 1.2: Thành phần hóa học của vỏ trấu .....	18
Bảng 2.1: Danh mục dụng cụ, thiết bị cần thiết .....	24
Bảng 2.2: Danh mục hóa chất cần thiết .....	25
Bảng 3. 1: Ảnh hưởng của thời gian siêu âm và nồng độ axit H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> trong chế tạo VLHP đến nồng độ ion Pb <sup>2+</sup> trong nước sau hấp phụ. ....	29
Bảng 3.2: Ảnh hưởng của thời gian siêu âm và nồng độ axit H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> trong chế tạo VLHP đến tải trọng hấp phụ cực đại cực đại Pb <sub>2+</sub> trong nước. ....	29
Bảng 3.3: Ảnh hưởng của thời gian siêu âm và nồng độ axit H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> trong chế tạo VLHP đến nồng độ As <sup>3+</sup> trong nước sau hấp phụ. ....	36
Bảng 3.4: Ảnh hưởng của thời gian siêu âm và nồng độ axit H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> trong chế tạo VLHP đến tải trọng hấp phụ cực đại của As <sup>3+</sup> trong nước. ....	37
Bảng 3.5: So sánh khả năng hấp phụ ion Pb <sup>2+</sup> của VLHP thô, biến tính ở ĐKT và biến tính qua siêu âm. ....	44
Bảng 3.6: So sánh khả năng hấp phụ ion As <sup>3+</sup> của VLHP thô, biến tính ở ĐKT và biến tính qua siêu âm .....	45

## LỜI MỞ ĐẦU

Quá trình công nghiệp hóa - hiện đại hóa đang thay đổi bộ mặt của xã hội Việt Nam từng ngày, từng giờ. Nhưng kéo theo đó chính là ô nhiễm môi trường ngày càng ra tăng. Cùng với tốc độ phát triển đô thị hóa, các khu công nghiệp hiện đại là số lượng chất thải làm nhiễm bản nguồn nước ngày càng khó kiểm soát. Việc sử dụng thuốc trừ sâu trong nông nghiệp, lượng nước thải ra môi trường của các nhà máy luyện kim, nhiệt điện, hóa chất, thực phẩm, cùng với lượng nước thải do sinh hoạt... khiến nguồn nước sạch bị ô nhiễm nghiêm trọng. Một trong các nhóm chất luôn được quy định nghiêm ngặt về hàm lượng tối đa cho phép trong các tiêu chuẩn về nguồn nước đó là các kim loại nặng. Chúng bao gồm: Đồng, chì, kẽm, cadimi, Asen, Thủy ngân, Crom, coban, niken,... Do có tính độc cao nên khi xâm nhập vào cơ thể chúng sẽ gây ảnh hưởng nghiêm trọng đến sức khỏe con người. Asen (As) và Chì (Pb) là 2 trong số những kim loại nặng đang được nhắc tới nhiều hơn cả khi nói đến ô nhiễm nước.

Ngày nay có rất nhiều các phương pháp đã được nghiên cứu để xử lý hàm lượng kim loại nặng trong nước như : phương pháp lý học, hóa học ,trao đổi ion, hấp phụ... Tuy nhiên phương pháp hấp phụ đang dành được sự quan tâm hơn cả . Đặc biệt là việc sử dụng các VLHP từ phụ phẩm nông nghiệp như : vỏ lạc, bã mía, vỏ trấu, lõi ngô... được xem là có nhiều triển vọng bởi tính thiết thực của loại vật liệu này.Hiệu quả cao, chi phí thấp,tận dụng được nguồn phụ phẩm nông nghiệp khổng lồ, giảm thiểu khả năng gây ô nhiễm môi trường từ việc thải bỏ chúng.. Một trong các phụ phẩm nông nghiệp đã được nghiên cứu nhằm phát hiện khả năng tách KLN trong nước đó là vỏ trấu.

Sóng siêu âm là loại sóng có độ lớn hơn 20kHz, con người không thể nghe thấy. Trong hóa học đã có các nghiên cứu về việc sử dụng sóng siêu âm có tần số khoảng 20-100kHz để tạo ra sự thay đổi hóa học của vật liệu.

Tuy nhiên hiện nay trên thế giới cũng như ở Việt Nam chưa có công bố nào về việc sử dụng sóng siêu âm trong chế tạo vật liệu hấp phụ.

Với mục đích làm tăng giá trị sử dụng và hiệu quả hấp phụ của các phụ phẩm nông nghiệp có sẵn tại Việt Nam, đồng thời sử dụng chúng để hấp phụ KLN trong nước, em đã chọn và thực hiện đề tài: ***“Nghiên cứu ảnh hưởng của sóng siêu âm tần số 40KHz đến hiệu quả biến tính vỏ trấu để hấp phụ As và Pb trong nước.”***

## CHƯƠNG I: TỔNG QUAN

### 1.1 Khái quát về Asen và Chì

#### 1.1.1 Giới thiệu chung

##### a. Asen (As)



**hình1.1: Asen**

Asen (thạch tín) .Cách đây 3000 – 4000 năm, con người đã biết đến thạch tín và được đánh giá là loại chất cực độc. Tuy nhiên, thạch tín lại không phải là nguyên tố hiếm mà phân bố với hàm lượng tương đối lớn trên vỏ trái đất, tồn tại dưới dạng ít tan và hầu như không tan. Tại Việt Nam hàm lượng Asen trong nước ngầm đang ở mức báo động. Hà Nội, Hà Nam, đồng bằng sông Cửu Long và rất nhiều nơi đang được các chuyên gia báo động về nồng độ Asen trong nước vượt ngưỡng cho phép.

Dưới góc độ hóa học, Asen (ký hiệu hóa học là As) là một á kim với nhiều dạng thù hình khác nhau: màu vàng (phân tử phi kim), màu đen xám (á kim). As có số nguyên tử 33 ,khối lượng nguyên tử của nó bằng 74,92, vị trí của nó trong bảng tuần hoàn được đề cập phía bên phải của bảng.

##### b. Chì (Pb)

Chì có ký hiệu hóa học là Pb, số hiệu nguyên tử bằng 82, là nguyên tố có số nguyên tử cao nhất trong các nguyên tố bền.Chì có hóa trị phổ biến là II, có khi là IV.

Pb là một kim loại mềm, nặng, độc hại và có thể tạo hình. Nó có màu trắng xanh khi mới cắt nhưng sau đó bắt đầu xỉn màu thành xám khi tiếp xúc với không khí.



**hình1.2: Bột chì**

### 1.1.2 Tính chất cơ bản

#### a. Asen

##### ❖ Tính chất vật lý

- Màu sắc : màu xám kim loại
- Khối lượng nguyên tử: 74,92160 đvC.
- Khối lượng riêng: 5727 kg/m<sup>3</sup>
- Trạng thái vật chất: Rắn
- Độ cứng : 3,5
- Điểm nóng chảy: 1.090<sup>0</sup>K
- Điểm sôi: 887<sup>0</sup>K
- Nhiệt dung riêng: 328,88 J/(Kg.K)
- Độ dẫn nhiệt: 50,2W/(m.K)



## ❖ Tính chất hóa học

## - Tính axit- bazo

Trong môi trường axit đặc As tồn tại dưới dạng cation  $(\text{AsO})^+$  không màu. Axit Arseno  $\text{H}_3\text{AsO}_3$  là một axit rất yếu, tan trong nước. Trong dung dịch kiềm ( $\text{pH} > 10$ ) tồn tại dưới dạng anion Asenit( $\text{AsO}_2^-$ ), có cả  $(\text{HAs}_2\text{O}_4)^-$

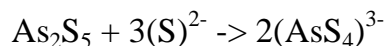
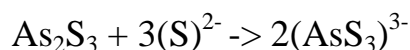
Asen oxit ( $\text{As}_2\text{O}_3$ ) tan trong dung dịch kiềm mạnh và HCl đặc.

## - Tính tạo phức

As(III) tạo phức với ion  $\text{Cl}^-$  trong dung dịch HCl :  $\text{AsOCl}$ ,  $\text{AsOCl}_2$ ,  $\text{AsCl}_3$



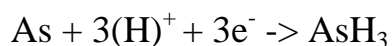
As cũng tạo phức với ion  $(\text{S})^{2-}$ , vì vậy  $\text{As}_2\text{S}_3$  và  $\text{As}_2\text{S}_5$  cũng tan nhiều trong kiềm như sulfur kiềm:



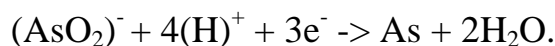
As (V) tạo phức với tatarat, tạo phức với Molipđen Mo(VI), Tungsten W(VI), các phức với các Poliancol.

## - Tính chất oxy hóa- khử

Asen có thể bị khử thành Asin  $\text{AsH}_3$  :



As(III) có thể bị khử thành As :



## b. Chì (Pb)

## ❖ Tính chất vật lý

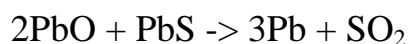
- Chì có màu trắng bạc, sáng, bề mặt cắt còn tươi của nó xỉn nhanh trong không khí tạo thành màu tối. Pb là kim loại màu trắng xanh, rất mềm, dễ uốn và nặng. Tính dẫn điện, dẫn nhiệt kém hơn so với các kim loại khác. Tuy nhiên Pb lại có tính chống ăn mòn cao nên người ta có thể sử dụng nó để chứa các chất ăn mòn như axit sunfuric...

- Chì có thể làm cứng bằng cách thêm vào một lượng nhỏ antimony hoặc một lượng nhỏ các kim loại khác như Canxi.

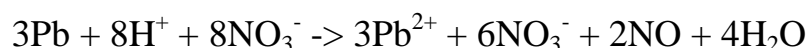
- Chì dạng bột ( bột chì rất mịn) có khả năng tự cháy trong không khí cho ngọn lửa màu trắng xanh và tạo ra khói độc.

❖ Tính chất hóa học

- Dễ bị khử thành kim loại. Một hỗn hợp oxit và sunfua chì nung với nhau cũng tạo thành kim loại.

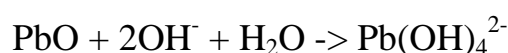


- Pb kim loại để trong không khí chỉ bị oxi hóa ở bề ngoài tạo thành một lớp chì oxit mỏng; lớp oxit này bảo vệ không cho chì bị oxi hóa tiếp. Pb kim loại không phản ứng với các axit sunfuric hoặc axit clohydric. Nó hòa tan trong axit nitric giải phóng nitơ oxit và tạo dung dịch  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$

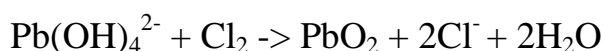


- Khi nung với các nitrat của kiềm chì bị oxi hóa thành PbO. PbO đặc trưng cho mức oxi hóa +2 của chì. PbO tan trong axit nitric và axetic tạo thành dung dịch có khả năng kết tủa các muối chứa chì sunfat, cromat, cacbonat, acetat. Các muối này hòa tan trong nước kém. Trong đó muối halua, iodua hòa tan ít hơn bromua, bromua ít tan hơn clorua.

- PbO cũng hòa tan trong các dung dịch kim loại kiềm để tạo thành muối plumbit tương ứng.



- Clo hóa các muối plumbit trên sẽ tạo ra  $\text{PbO}_2$



-  $\text{PbO}_2$  là một chất oxi hóa mạnh. Trạng thái oxi hóa này khó tạo ra muối clo và trường hợp tạo ra được muối clo thì cũng dễ bị thủy phân thành chì (II) clorua và khí clo. Muối iodua và bromua của chì (IV) không tồn tại. Chì dioxit hòa tan trong các dung dịch hydroxit kim loại kiềm để tạo ra các muối plumbat tương ứng.



Chì cũng có trạng thái oxi hóa lẫn lộn giữa  $+2$  và  $+4$ . Đó là  $(\text{Pb}_3\text{O}_4)$  hay còn gọi là chì đỏ.

### 1.1.3 Ứng dụng và vai trò trong cuộc sống.

#### a. Asen

##### - Ứng dụng:

- ✓ Có mặt trong nhiều loại thuốc trừ sâu, thuốc BVTV.
- ✓ Có trong nhiều loại hóa chất được sử dụng trong các ngành công nghiệp như: hóa chất, phân bón, ...
- ✓ Sử dụng trong nuôi dưỡng động vật, cụ thể tại Hoa Kỳ như là phương pháp ngăn ngừa bệnh và kích thích phát triển
- ✓ Aenuagali là một vật liệu bán dẫn quan trọng, sử dụng trong các mạch tích hợp.
- ✓ Sử dụng trong kỹ thuật mạ đồng và pháo hoa.
- ✓ Ngoài ra còn được dùng trong sản xuất giấy, dệt, nhuộm, xi măng,...

##### - Vai trò

- ✓ Là nguyên tố vi lượng cần cho sự sinh trưởng và phát triển của con người và sinh vật. As có vai trò trong trao đổi chất nuclein, tổng hợp protein và hemoglobin [1].

#### b. Chì

Trong công nghiệp, chì được sử dụng rất phổ biến. Người ta thống kê thấy có tới 150 nghề và hơn 400 quá trình công nghệ khác nhau sử dụng đến chì và các hợp chất của chì [2].

- ✓ Chì là thành phần chính tạo nên ắc quy, sử dụng cho xe.
- ✓ Được sử dụng như chất nhuộm trắng trong sơn, là thành phần trong các chất nhuộm màu, lưới đánh bắt cá
- ✓ Thường được sử dụng trong nhựa PVC.
- ✓ Trong năng lượng học nguyên tử và kỹ thuật hạt nhân người ta sử dụng các lá chắn bằng chì để ngăn ngừa bức xạ phóng xạ.
- ✓ Trong y học: một số thuốc có chứa chì cũng được dùng như thuốc giảm đau, thuốc săn da, thuốc chống viêm, thuốc chữa bỏng,...

## 1.2 Ô nhiễm nguồn nước bởi tác nhân Asen và Chì

-  Ô nhiễm nước bởi Asen

Tình trạng ô nhiễm Asen đang xảy ra đối với nhiều quốc gia trên Thế Giới. Đặc biệt là As trong nguồn nước sinh hoạt. Bănglăđét là nơi được đánh giá là có mức ô nhiễm As cao trên Thế Giới, tại đây đã xảy ra vụ ngộ độc As được coi là lớn nhất trong lịch sử loài người.

Hiện tượng nước nhiễm độc As không chỉ đe dọa người dân Banglăđet mà theo các nghiên cứu mới đây của các chuyên gia, vấn đề này cũng đang ảnh hưởng tới cuộc sống của người dân ở 17 nước trên Thế Giới, trong đó có nửa tỷ dân ở khu vực đồng bằng châu thổ sông Hằng

#### **Các Nước Nhiễm Arsen Trên Thế Giới (21/9/2005):**

Hàm lượng Asen trong nước mưa ( $\mu\text{g/l}$ ) ở Thái Bình Dương là 0,6; Nhật 1,6; Thụy Điển 2,5; vùng không bị nhiễm ở Bắc Âu là 0,005 -0,018(trung bình là 0,08) ; vùng ô nhiễm ở Bắc Âu là 3,6-84 (trung bình là 12,3)

Hàm lượng Asen ở thế giới trong nước biển 3,7; ở nước sông là 4; trong nước sông ở Mỹ là 1,5; Nhật 1,7; Liên Bang Đức 3,6; Thụy Điển 0,2-10; Anh là 15 [3].

Hàm lượng Asen trong nước dưới đất ( $\mu\text{g/l}$ ) ở NaUy là 0,002-11 (trung bình là 0,02); ở Ireland 0,2-0,4; Liên Xô 3; Nhật 0,3-3,4; Mỹ 1-6; Thụy Điển 0,08-22.

Tại Việt Nam, từ những năm 1990 vấn đề ô nhiễm As đã được biết đến qua các nghiên cứu của Viện Địa chất và các Liên đoàn địa chất [1].

Từ năm 1995 đến 2000, nhiều công trình nghiên cứu điều tra về nguồn gốc Asen có trong nước ngầm, mức độ ô nhiễm, chu trình vận chuyển...đã tìm ra các khu vực có nồng độ As vượt tiêu chuẩn cho phép đối với nước sinh hoạt của Quốc tế và Việt Nam đó là: khu vực thượng lưu sông Mã, Sơn La, Phú Thọ, Bắc Giang, Hưng Yên, Hà Nội, Hà Nam, Nam Định, Thanh Hóa... Kết quả phân tích nước giếng khoan của 17 tỉnh đồng bằng miền Bắc, Trung, Nam của Chính Phủ và UNICEF (2003-2005) cho thấy các tỉnh Hà Nam, Nam Định, Hà Tây, Hưng Yên, Hải Dương và các tỉnh An Giang, Đồng Tháp đều bị nhiễm Asen cao.

Cách đây không lâu, một nghiên cứu của PGS.TS Lê Văn Cát, thuộc Viện Hóa học Việt Nam cũng chỉ ra địa phương có số người nhiễm asen nhiều nhất chính là Hà Nội. Trên địa bàn Hà Nội có nhiều nơi mức ô nhiễm vượt hàng chục lần cho phép. Đánh giá của UNICEF còn cho thấy, khu vực phía nam Hà Nội, ô nhiễm asen nặng nhất, thậm chí đứng đầu danh sách các địa chỉ ô nhiễm asen trên toàn quốc, đặc biệt tại một số khu vực thuộc phường Quỳnh Lôi, quận Hai Bà Trưng, khu vực Thanh Trì. Tại huyện Quốc Oai, hàm lượng asen cao gấp 3 lần tiêu chuẩn cho phép [1].

### Chì

Phần lớn các quốc gia có nền công nghiệp phát triển thì việc gây ô nhiễm môi trường cũng có xu hướng cao hơn. Hàm lượng Chì trong đất, nước ở các quốc gia này cũng nhiều hơn. Thành phố Tianying thuộc tỉnh An Huy, Trung Quốc là một trong những nơi có hàm lượng chì trong nước rất cao, ngay cả trong lúa mì ở đây cũng chứa Pb với nồng độ cao gấp 24 lần mức cho phép. Tại Glasgow (1979-1980) có khoảng 42% mẫu nước sinh hoạt có hàm lượng chì vượt quá 100mg/l. Không chỉ vậy, tại Anh và Wales, các nhà nghiên cứu cũng đã thống kê phân tích 42 mẫu bùn từ các khu công nghiệp và cho kết quả hàm lượng Pb dao động trong khoảng 120-300mg/l.

Tại Việt Nam, Chì có trong nước thải của ngành luyện kim, hóa dầu, đặc biệt là trong các cơ sở, làng nghề sản xuất pin, acquy. Ngoài ra việc sử dụng thuốc trừ sâu, thuốc BVTV cũng là nguyên nhân khiến cho môi trường đất, nước và không khí bị ô nhiễm bởi Chì. Ngoài ra, Chì còn được đưa vào môi trường từ nguồn không khí bị ô nhiễm do khí thải giao thông. Tuy nhiên, từ năm 2001, sau khi Thủ tướng ban hành quyết định cấm sử dụng xăng pha Chì thì hàm lượng Pb trong không khí của các thành phố lớn tại nước ta đã giảm đi đáng kể.

Theo một khảo sát của các chuyên gia tại Đă Nẵng vào năm 2005 cho thấy, tại vùng cửa sông, ven biển đang bị ô nhiễm một số KLN trong đó có

Pb. Hàm lượng Pb trong nước tại khu vực cửa sông Cu Đê, cửa sông Phú Lộc vượt 0,06 – 0,27 lần tiêu chuẩn cho phép [3].

Một nghiên cứu tại khu vực sông Tô Lịch, nương Hanel (năm 2012-2013) khu vực gần Công ty Pin Văn Điển và công ty Orionel- Hanel miền Bắc cũng cho kết quả nồng độ Pb vượt quá TCCP 13,88- 20,5 lần tại sông Tô Lịch và vượt 3,3- 10,25 lần tại nương Hanel.

Cũng trong thời gian gần đây, một trong các điểm nóng về ô nhiễm chì đang được dư luận cả nước quan tâm theo dõi đó là vấn đề ô nhiễm chì ở làng nghề Đông Mai, xã Chỉ Đạo, huyện Văn Lâm, tỉnh Hưng Yên.

### **1.3 Tác động tới sức khỏe con người.**

#### **1.3.1 Ảnh hưởng của Asen tới sức khỏe của con người .**

Trong số các hóa trị của Asen thì As(III) là độc nhất.

Hàm lượng Asen trong nước sinh hoạt phải < 0,01 mg/l mới là đạt yêu cầu. Theo tổ chức y tế thế giới WHO cứ 10.000 người thì có 6 người bị ung thư do sử dụng nước ăn có nồng độ Asen > 0,01 mg/l nước.

As là một chất rất độc. Có thể gây chết ngay nếu uống một lượng bằng nửa hạt bắp. Biểu hiện của nhiễm độc As cấp tính là: khát nước dữ dội, đau bụng, nôn mửa, tiêu chảy, mạch đập yếu, mặt nhợt nhạt và nhanh chóng chuyển sang thâm tím, bí tiểu cuối cùng là dẫn đến tử vong. Trường hợp bị ngộ độc ở mức thấp, trong thời gian kéo dài sẽ gây mệt mỏi, buồn nôn, hồng cầu và bạch cầu giảm, sạm da, rụng tóc, sút cân, giảm trí nhớ, rối loạn nhịp tim, đau mắt, đau tai, viêm dạ dày và ruột, kiệt sức, ung thư,...[1].

Ngoài các biểu hiện trên, ảnh hưởng đáng lo ngại nhất của nhiễm độc As đó là khả năng gây đột biến gen, ung thư, thiếu máu, các bệnh tim mạch, các bệnh ngoài da, tiểu đường, bệnh về gan và các vấn đề về tiêu hóa, rối loạn hệ thần kinh [1].

Nguồn nước bị nhiễm asen dù nhỏ cũng ảnh hưởng đến sức khỏe các bà mẹ, làm động thai ảnh hưởng đến thai nhi và gây ra bệnh phôi ác tính, tác động xấu lên sự phát triển thể chất và trí tuệ của trẻ mới lớn.

### **1.3.2 Ảnh hưởng của nhiễm độc chì tới sức khỏe con người .**

Từ thời Hy Lạp, La Mã và Trung Quốc cổ đại đã nghi nhận nhiều trường hợp nhiễm độc do Chì. Cho đến nay, Chì đã được hạn chế sử dụng. Mặc dù vậy, hàng năm trên thế giới vẫn có khoảng 143.000 trường hợp tử vong do nhiễm chì mà chủ yếu là ở những nước đang phát triển.

Theo Tổ chức y tế Thế giới (WHO), việc sử dụng nguồn nước nhiễm chì trong một thời gian dài có thể khiến con người bị nhiễm độc và thậm trí là tử vong nếu không được cứu chữa kịp thời.

✓ Trẻ em có mức hấp thu chì cao gấp 3-4 lần so với người lớn. Chì tích tụ ở xương, cản trở chuyển hóa canxi bằng cách kìm hãm chuyển hóa vitamin D, gây ngộ độc với cả cơ quan thần kinh trung ương ngoại biên. Đặc biệt là nó gây độc đến trí tuệ, có thể gây ra biến chứng viêm não ở trẻ em [2].

✓ Tác động lên hệ thống enzym vận chuyển hydro gây ra các rối loạn trong cơ thể mà chủ yếu là rối loạn tủy xương. Tùy theo mức độ nhiễm độc có thể gây ra các biến chứng, nếu nặng có thể dẫn đến tử vong.

✓ Với phụ nữ có thai, ngộ độc chì có khả năng gây sảy thai hoặc thai nhi chết ngay sau khi sinh.

✓ Ngoài ra nhiễm độc chì còn có thể gây ra các chứng bệnh kinh niên, mãn tính như là bệnh thận hay bệnh thần kinh [2].

### **1.4 Các phương pháp xử lý Asen và chì trong nước.**

Hiện nay các nhà khoa học đã nghiên cứu và tìm ra cũng như đưa vào ứng dụng rất nhiều các phương pháp xử lý KLN trong nước trong đó có Chì và Asen. Các phương pháp sinh học (sử dụng thực vật, vi sinh vật, nấm ,tảo...), phương pháp hóa học (kết tủa, oxy hóa- khử, trao đổi ion, hấp phụ...), phương pháp hóa lý (điện hóa,...) đều đem lại hiệu quả cao. Trong đó phương pháp hấp phụ đang được quan tâm hơn cả bởi những ưu thế vượt trội cả về mặt kỹ thuật, kinh tế và môi trường.

### 1.4.1 Phương pháp hấp phụ .

Là phương pháp đang được quan tâm nghiên cứu tìm hướng phát triển trong thực tế nhất hiện nay bởi các ưu điểm vượt trội như:

- Chi phí đầu tư thấp, thiết bị công nghệ đơn giản.
- Vật liệu rẻ tiền, dễ kiếm
- Không đòi hỏi quá cao về kỹ thuật
- Vật liệu hấp phụ có thể tái sinh.
- Thân thiện với môi trường.

Hấp phụ là sự tích lũy chất trên bề mặt phân cách các pha ( khí- rắn, lỏng- rắn, khí- lỏng, lỏng- lỏng)

Chất hấp phụ là chất mà phân tử ở lớp bề mặt có khả năng hút các phân tử ở các pha khác nằm tiếp xúc với nó.

Chất bị hấp phụ là chất bị hút ra khỏi bề mặt pha thể đến tập trung trên bề mặt chất hấp phụ.

Thông thường, quá trình này là quá trình tỏa nhiệt. Tùy thuộc vào bản chất lực tương tác giữa các chất hấp phụ và chất bị hấp phụ, ta có thể phân biệt giữa hấp phụ vật lý và hấp phụ hóa học [4].

- Hấp phụ vật lý:

Trong hấp phụ vật lý, lực liên kết Van Der Waals yếu nên các phân tử chất bị hấp phụ liên kết với những tiểu phân (nguyên tử, phân tử, các ion...) ở bề mặt phân chia pha. Chất bị hấp phụ chỉ bị ngưng tụ trên bề mặt phân chia pha và bị giữ lại trên bề mặt chất hấp phụ nên các phân tử của chất bị hấp phụ và chất hấp phụ không tạo thành hợp chất hóa học vì không hình thành liên kết hóa học. Nhiệt hấp phụ không lớn.

- Hấp phụ hóa học:

Các lực hóa trị mạnh ( được tạo nên do các liên kết bền của liên kết ion, liên kết cộng hóa trị, liên kết phối trí,...) liên kết những phân tử hấp phụ và các phân tử bị hấp phụ tạo thành những hợp chất hóa học trên bề mặt phân chia pha. Hay nói cách khác là hấp phụ hóa học xảy ra khi các phân tử hấp



phụ tạo thành hợp chất hóa học với các phân tử bị hấp phụ và quá trình này xảy ra trên bề mặt phân chia pha. Lực hấp phụ hóa học khi đó là lực liên kết hóa học thông thường. Sự hấp phụ hóa học luôn luôn bất thuận nghịch. Nhiệt tỏa ra của quá trình lớn, có thể đạt giá trị 800kJ/mol [4].

Trong thực tế ranh giới phân biệt giữa hấp phụ vật lý và hấp phụ hóa học chỉ là tương đối và không rõ rệt. Trong một số trường hợp xảy ra cả 2 quá trình trên. Ở vùng nhiệt độ thấp, xảy ra quá trình hấp phụ vật lý, khi tăng nhiệt độ khả năng hấp phụ vật lý giảm và khả năng hấp phụ hóa học tăng lên.

- Giải hấp phụ

Giải hấp phụ hay còn gọi là quá trình hoàn nguyên vật liệu hấp phụ. Mục đích là để tái sinh lại vật liệu hấp phụ để có thể sử dụng tiếp, quá trình này mang lại hiệu quả kinh tế đặc trưng. Bản chất của quá trình là đưa chất bị hấp phụ ra khỏi bề mặt của chất hấp phụ dựa trên nguyên tắc sử dụng các yếu tố bất lợi cho quá trình hấp phụ.

Một số phương pháp tái sinh (hoàn nguyên) vật liệu hấp phụ:

- Phương pháp nhiệt: sử dụng trong các trường hợp chất hấp phụ bị bay hơi hoặc có thể thực hiện theo cách chiết hơi dung môi. Phương pháp này rất tiện dụng và tiết kiệm thời gian vì có thể thực hiện tại chỗ, ngay trong cột hấp phụ, chất hấp phụ ở trạng thái nguyên vẹn, hạn chế việc tháo dỡ, di dời, vận chuyển giúp thu hồi không làm vỡ vụn chất hấp phụ [4].

- Phương pháp vi sinh: phương pháp này sử dụng các vi sinh vật nhằm tái tạo khả năng hấp phụ của vật liệu.

- Hấp phụ trong môi trường nước:

Trong nước, tương tác giữa chất hấp phụ và chất bị hấp phụ phức tạp hơn nhiều vì trong hệ có ít nhất ba thành phần gây tương tác. Do có sự có mặt của dung môi nên trong hệ sẽ xảy ra quá trình hấp phụ cạnh tranh giữa các chất bị hấp phụ và dung môi trên bề mặt chất hấp phụ. Cặp nào tương tác mạnh thì hấp phụ xảy ra cho cặp đó. Các yếu tố quyết định tính chọn lọc của

tương tác là: độ tan của chất bị hấp phụ trong nước, tính ưa hoặc kỵ nước của chất hấp phụ, mức độ kỵ nước của các chất bị hấp phụ trong môi trường nước.

Trong nước các ion kim loại bị bao bọc bởi một lớp vỏ các phân tử nước tạo nên các ion bị hydrat hóa. Bán kính của lớp vỏ hydrat ảnh hưởng nhiều đến khả năng hấp phụ của hệ do lớp vỏ hydrat cản trở tương tác tĩnh điện. Các ion có cùng điện tích thì ion nào có kích thước lớn hơn sẽ hấp phụ tốt hơn do có độ phân cực lớn hơn và lớp vỏ hydrat nhỏ hơn. Với các ion có điện tích khác nhau thì khả năng hấp phụ của các ion có điện tích cao tốt hơn so với ion có điện tích thấp. pH là yếu tố ảnh hưởng nhiều đến quá trình hấp phụ trong môi trường nước. Sự thay đổi pH không chỉ dẫn đến sự thay đổi về bản chất của chất hấp phụ (các chất có tính axit yếu, bazơ yếu hay trung bình phân li khác nhau ở các giá trị pH khác nhau) mà còn làm ảnh hưởng đến các nhóm chức trên bề mặt chất hấp phụ.

- Cân bằng hấp phụ

Hấp phụ là một quá trình thuận nghịch vậy nên các chất bị hấp phụ trên bề mặt chất hấp phụ vẫn có thể di chuyển ngược lại pha mang. Theo thời gian, lượng chất bị hấp phụ tích tụ trên bề mặt chất rắn càng nhiều thì tốc độ di chuyển ngược trở lại pha mang càng lớn. Đến một thời điểm nào đó, khi tốc độ hấp phụ bằng tốc độ giải hấp phụ thì quá trình trên đạt cân bằng.

Tải trọng hấp phụ được tính theo công thức:

$$q = \frac{C_0 - C_1}{m} \cdot V \quad (\text{mg/g}) \quad (1-1)$$

Trong đó:

- q: Tải trọng hấp phụ cực đại cân bằng (mg/g)
- C<sub>0</sub>: Nồng độ dung dịch trước khi hấp phụ (mg/l)
- C<sub>1</sub>: Nồng độ dung dịch sau khi hấp phụ (mg/l)
- V: Thể tích dung dịch đem hấp phụ (l)
- m: Khối lượng chất hấp phụ (g)

- Một số phương trình đẳng nhiệt mô tả quá trình hấp phụ

### **Mô hình Langmuir :**

Khi thiết lập phương trình hấp phụ Langmuir, người ta xuất phát từ giả thuyết sau: [5].

- + Tiểu phân bị hấp phụ liên kết với bề mặt tại những trung tâm xác định.
- + Sự hấp phụ là chọn lọc.
- + Các phần tử chất hấp phụ độc lập, mỗi phần tử chỉ hấp phụ một tiểu phân, không tương tác qua lại với nhau.
- + Bề mặt chất hấp phụ là đồng nhất về mặt năng lượng nghĩa là năng lượng hấp phụ hay sự hấp phụ ở bất kỳ vị trí nào đều như nhau và nhiệt độ hấp phụ là giá trị không đổi ở các vị trí khác nhau trên bề mặt hấp phụ, không phụ thuộc vào sự có mặt của các tiểu phân bị hấp phụ.

- Phương trình Langmuir – hấp phụ đẳng nhiệt:

$$q = q_{max} \frac{bC}{1+bC} \quad (1 - 2)$$

Trong đó:

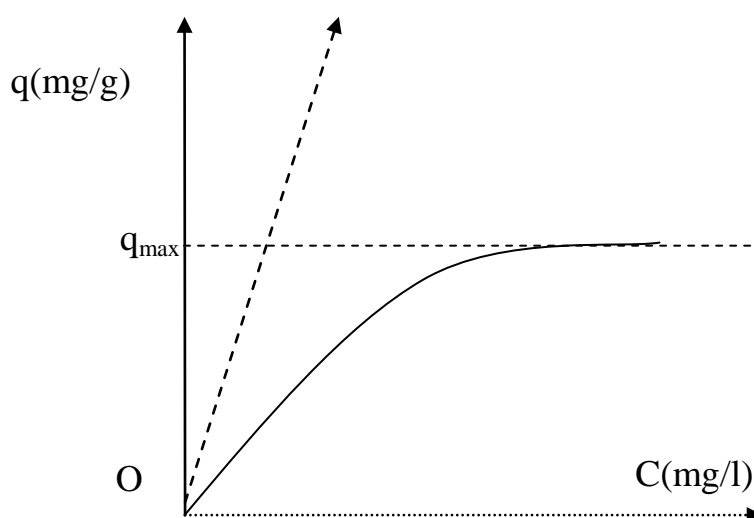
$q, q_{max}$  – tải trọng hấp phụ và tải trọng hấp phụ cực đại (mg/g).

$C$  – nồng độ dung dịch chất hấp phụ khi đạt cân bằng hấp phụ (mg/l)

$b$  – hằng số của phương trình Langmuir (l/mg).

Khi  $b.C \ll 1$  thì  $q = q_{max} \cdot b.C$

Đồ thị biểu diễn đường hấp phụ đẳng nhiệt Langmuir:

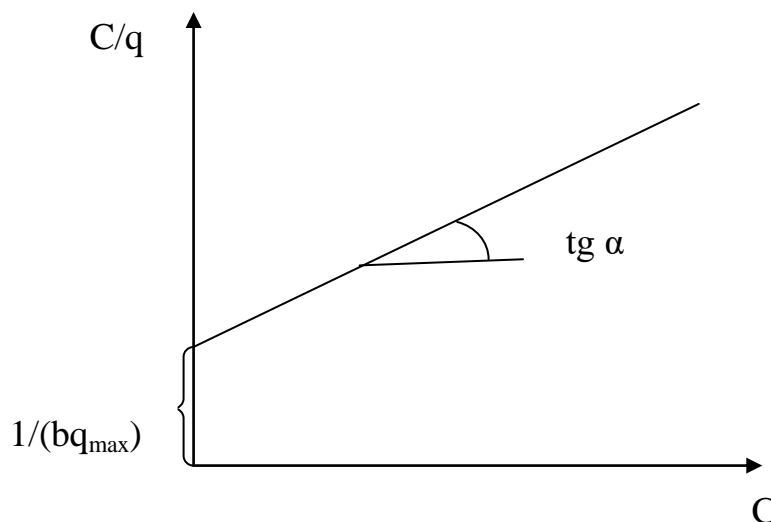


**Hình 1.3: Đồ thị đường đẳng nhiệt hấp phụ Langmuir**

Phương trình được dùng để xác định hằng số của phương trình Langmuir có dạng : [6].

$$\frac{C}{q} = \frac{1}{bq_{max}} + \frac{C}{q_{max}} \quad (1-3)$$

Đồ thị biểu diễn  $C/q$  phụ thuộc vào  $C$  có dạng:



**Hình1.4: Đồ thị xác định hằng số phương trình đẳng nhiệt hấp phụ Langmuir**

Đồ thị có độ dốc  $\text{tg} \alpha = 1/q_{max}$  và cắt tại trục tung  $1/(b \cdot q_{max})$

### 1.5 Giới thiệu về vật liệu hấp phụ

#### ✚ Vô trấu.

Từ bao đời nay, cây lúa nước gắn liền với lịch sử hình thành và phát triển của Việt Nam chúng ta. Lúa là loại nông sản chính, là nguồn lương thực chính của người dân Việt nam. Nghề trồng lúa nước được hình thành và chia ra làm 3 vùng chính: đồng bằng sông Hồng, đồng bằng ven biển miền Trung và đồng bằng Nam Bộ.

Bảng1.1: Bảng thống kê tổng diện tích và sản lượng lúa gạo Việt Nam từ năm 2000-2013 [7].

Năm	Tổng diện tích (nghìn ha)	Tổng sản lượng (Nghìn tấn)
2000	7.666	32.592

2001	7.493	32.108
2002	7.504	34.447
2003	7.452	34.568
2004	7.445	36.148
2005	7.329	35.832
2006	7.325	35.849
2007	7.207	35.942
2008	7.400	38.729
2009	7.437	38.950
2010	7.489	40.005
2011	7.655	42.398
2012	7.761	4.737
2013	7.899	44.706

Sản lượng lúa gạo của thế giới nói chung và Việt Nam nói riêng đang có xu hướng gia tăng, điều đó đồng nghĩa với việc lượng vỏ trấu thải bỏ ngày càng nhiều.

Theo số liệu thống kê cứ mỗi tấn lúa tạo ra khoảng 200 kg vỏ trấu (vỏ trấu chiếm khoảng 20% khối lượng thóc). Như vậy, trung bình hàng năm thế giới tạo ra khoảng 150 triệu tấn vỏ trấu, lượng vỏ trấu của Việt Nam khoảng 8,94 triệu tấn chiếm khoảng 5,96% lượng trấu thế giới. Hiện nay, lượng trấu này vẫn chưa được tận dụng một cách hợp lý, nhất là ở những nước đang phát triển, trong đó có Việt Nam. Phần lớn vỏ trấu được đốt hoặc đổ thẳng ra hệ thống kênh mương gây ô nhiễm môi trường [10].

✚ Thành phần cấu tạo của vỏ trấu:



**hình1.5: Vỏ trấu**

Vỏ trấu chiếm khoảng 20-21% trọng lượng hạt. Kích thước trung bình vào khoảng 8-10mm chiều dài, 2-3mm chiều rộng và dày khoảng 0,2mm. Cấu tạo của vỏ trấu rất bền và dai nhằm để bảo vệ cho phôi và nội nhũ khỏi sự tác động từ môi trường bên ngoài.

Thành phần chủ yếu của vỏ trấu là xenlulozo, hemixenlulozo, lignin và một số hợp chất khác. Thành phần hóa học của vỏ trấu thay đổi theo loại lúa, mùa vụ canh tác, điều kiện khí hậu và đặc trưng vùng miền. Tuy nhiên, hầu hết vỏ trấu có thành phần hữu cơ chiếm 90% so với khối lượng.

**Bảng1.2:Thành phần hóa học của vỏ trấu [7].**

Thành phần	% Khối lượng
Xenlulozo	40- 50%
Hemixenlulozo	20-25%
Lignin	18-23%
Chất hòa tan khác	3-5%

Sự kết hợp giữa xenlulozo và hemixenlulozo được gọi là holoxenlulozo có chứa nhiều nhóm OH, thuận lợi cho khả năng hấp phụ thông qua liên kết hidro.

*Xenlulozo:* Xenlulozo là polisaccarit do các mắt xích  $\alpha$ - glucozo  $[C_6H_7O_2(OH)_3]_n$  nối với nhau bằng liên kết 1,4 glicozit. Phân tử khối của xenlulozo rất lớn, khoảng từ 100.000 đến 150.000 đvC.

*Hemixenlulozo:* Về cơ bản hemixenlulozo là polisaccarit giống như xenlulozo nhưng có số lượng mắt xích nhỏ hơn. Hemixenlulozo thường bao gồm nhiều loại mắt xích và có chứa các nhóm thế axetyl và metyl.

*Lignin:* Lignin là loại polime được tạo bởi các mắt xích phenylpropan. Lignin giữ vai trò là chất kết nối giữa xenlulozo và hemixenlulozo.

## **1.6 Phương pháp chế tạo vật liệu hấp phụ.**

### **1.6.1 Biến tính vỏ trấu bằng axit sunfuric trong môi trường siêu âm.**

- Cơ sở lý thuyết của phương pháp:

Quá trình biến tính bằng axit giúp cấu trúc vỏ trấu trở nên xốp hơn, diện tích bề mặt tăng lên làm tăng khả năng hấp phụ ion.

Các nhóm hydroxyl của xenlulozo có khả năng trao đổi ion, bản thân các nhóm này có khả năng trao đổi yếu vì liên kết OH phân cực chưa đủ mạnh. Phương pháp biến tính bằng phản ứng este hóa nhằm tăng số lượng nhóm axit COOH làm tăng khả năng trao đổi ion. Quá trình biến tính bao gồm các bước ngâm vật liệu trong dung dịch axit sunfuric sau đó siêu âm với tần số 40KHz rồi rửa vật liệu đến pH không đổi, sấy khô, các phân tử axit sunfuric khi đó sẽ thấm sâu vào mao quản các vật liệu. Sóng siêu âm có tác dụng làm tăng khả năng tiếp xúc cũng như thẩm thấu của axit vào mao quản của vật liệu. Đồng thời thúc đẩy quá trình này diễn ra nhanh hơn [7-8].

### **1.6.2 Sóng siêu âm và ảnh hưởng của nó đến quá trình hấp phụ.**

Sóng siêu âm là loại sóng có độ lớn hơn 20kHz, con người không thể nghe thấy. 20KHz là giới hạn lớn nhất mà tai người nghe thấy. Bước sóng của sóng siêu âm rất ngắn do tần suất của sóng siêu âm rất cao, nó có thể truyền

thẳng như ánh sáng chứ không giống các loại sóng khác có bước sóng dài truyền qua nhiều mặt khác. Sóng siêu âm có thể lan truyền trong nhiều môi trường như môi trường không khí, trong các chất lỏng, rắn với tốc độ của tốc độ âm thanh. Bởi vậy độ phân giải của ảnh chụp siêu âm phân biệt được các vật thể ở kích thước nhỏ cỡ centimet hoặc milimet. Qua cách tiếp nhận, phân tích sóng phản xạ của sóng siêu âm ta có thể dự đoán được khoảng cách và phương hướng của vật cản.

Sóng siêu âm được dùng trong siêu âm y khoa, trong quan trắc đo khoảng cách hay vận tốc, làm sạch bằng siêu âm, hàn siêu âm, ứng dụng trong hóa học hay sinh học. Từ dao động của tinh thể áp điện và từ một số loại loa có thể được tạo ra từ sóng siêu âm. Trong môi trường tự nhiên có một số loài động vật (như dơi, cá voi,...) có khả năng phát ra sóng siêu âm và sử dụng chúng trong săn mồi hay như một cách thức liên lạc.

Trong hóa học, sóng siêu âm được sử dụng như một loại năng lượng, thông thường người ta sử dụng tần số trong khoảng 20 – 100 kHz. Mục đích để tạo ra sự thay đổi hóa học nhờ siêu âm không tương tác trực tiếp với các phân tử. Sóng siêu âm phát ra tần số cao trong chất lỏng tạo ra hàng triệu bong bóng li ti siêu nhỏ với sự chuyển động liên tục làm khuấy đảo chất lỏng. Những bong bóng này tạo ra trong khoảng thời gian rất ngắn thâm nhập nhanh chóng vào các khe rỗng của bề mặt vật liệu và những bong bóng đó sụp đổ cũng rất nhanh với năng lượng rất lớn, nhiệt độ và áp suất lần lượt là 5000oK ( = 4727°C) và 2000psi ( =1361atm). Việc hàng triệu bong bóng cùng năng lượng được tạo ra và sụp đổ cũng giống như hàng trăm vụ nổ lớn trong lòng chất lỏng. Tuy nhiên, bằng cảm quan ta chỉ cảm thấy mặt chất lỏng chuyển động là do khoảng thời gian tạo ra bong bóng và thời gian sụp đổ đều rất ngắn chỉ khoảng  $10^{-6}$  giây. Quá trình này diễn ra liên tục trong suốt quá trình chạy sóng siêu âm. Các bong bóng này có tác dụng loại bỏ, phá vỡ các chất rắn bề mặt và lớp vật liệu trơ thụ động trên bề mặt vật liệu, nhờ đó diện tích bề mặt tăng lên tạo điều kiện cho các phản ứng hấp phụ xảy ra, các phản



ứng trên bề mặt vật liệu xảy ra thuận lợi và đặc biệt là rút ngắn thời gian phản ứng hơn [8].

Sóng siêu âm có thể làm tăng quá trình hấp phụ của vật liệu lọc nhờ hiện tượng xâm thực khí dẫn đến vỡ bong bóng, khiến cho việc hấp phụ của vật liệu diễn ra nhanh hơn. Nghiên cứu của Guohua Jing và cộng sự về tác động của sóng siêu âm đến quá trình hấp phụ Crom (VI) trên than hoạt tính và hạt nhựa polyme. Kết quả của nghiên cứu cũng đã cho thấy sóng siêu âm có tác động tăng cường khả năng hấp phụ Cr (VI) của vật liệu đồng thời thời gian cân bằng cũng đã giảm rõ ràng [8].

Biến tính vỏ trấu bằng axit sunfuric trong môi trường sóng siêu âm tần số 40KHz là một ý tưởng dựa trên đặc tính tốc độ phản ứng và năng lượng cao của siêu âm có thể làm giảm thời gian biến tính vật liệu đi đáng kể đem lại hiệu quả ứng dụng cao trong thực tiễn.

## **1.7 Phương pháp phân tích kim loại Chì và Asen trong nước.**

### **1.7.1 Một số phương pháp phân tích kim loại nặng trong nước**

#### a. Phương pháp trắc quang.

Là phương pháp phân tích quang học dựa trên sự tương tác chọn lọc giữa chất cần xác định với năng lượng bức xạ thuộc vùng tử ngoại, khả kiến hoặc hồng ngoại.

Phương pháp này dựa vào lượng ánh sáng đã bị hấp thụ để tính hàm lượng của chất hấp thụ [1].

#### b. Phương pháp phổ hấp thụ nguyên tử (ASS).

Phương pháp này dựa trên nguyên lý hấp thụ của hơi nguyên tử. Khi cho chiếu vào đám hơi nguyên tử một năng lượng bức xạ đặc trưng của riêng nguyên tử đó sau đó đo cường độ còn lại của bức xạ đặc trưng này sau khi đã bị đám hơi nguyên tử hấp thụ người ta sẽ tính ra được nồng độ nguyên tố có trong mẫu đem phân tích [9].

#### c. Phương pháp phân tích thể tích.

Là phương pháp phân tích định lượng dựa trên việc đo thể tích của dung dịch chuẩn  $V_x$  ( đã biết nồng độ) tác dụng vừa đủ với thể tích nhất định chất cần phân tích  $V_y$  ( chất phân định).

Phản ứng phân tích:  $X + Y \rightarrow$  sản phẩm.

Phản ứng này thỏa mãn 3 yêu cầu:

- Xảy ra hoàn toàn theo 1 chiều.
- Tốc độ phản ứng xảy ra nhanh và không có sản phẩm phụ.
- Có phương pháp xác định điểm tương đương.

d. Phương pháp cực phổ.

Cơ sở của phương pháp này là dựa trên các phản ứng điện hóa của các chất điện hoạt trong dung dịch chất điện ly trên điện cực giọt thủy ngân. Chất điện phân có nồng độ khá nhỏ từ  $10^{-3}$  đến  $10^{-6}$ M còn chất điện ly trợ có nồng độ lớn, gấp hơn 100 lần. Do đó chất điện phân chỉ được vận chuyển đến điện cực bằng con đường khuếch tán.

Cực phổ hiện đại bao gồm cực phổ sóng vuông, cực phổ xung và cực phổ xung vi phân đã đạt tới độ nhạy  $10^{-5}$  đến  $10^{-7}$ M [9].

e. Phương pháp ICP

ICP là phương pháp kỹ thuật khá mới và có tiềm năng to lớn trong địa hoá. Nói chung, phương pháp có khả năng xác định phần lớn các nguyên tố trong bảng tuần hoàn với giới hạn phát hiện thấp và độ chính xác cao. Các nguyên tố được xác định đồng thời và rất nhanh.

### **1.7.2 Phương pháp quang phổ phát xạ Plasma cảm ứng ICP – OES**

ICP (Inductively Coupled Plasma) là kỹ thuật phân tích sử dụng để phát hiện các vết nguyên tố trong các lĩnh vực môi trường, địa chất, khoáng sản... Quang phổ ICP thuộc loại quang phổ phát xạ sử dụng nguồn plasma cảm ứng cao tần (ICP) sinh ra các nguyên tử/ion ở trạng thái kích thích để phát xạ sóng điện từ ở bước sóng đặc trưng cho từng nguyên tố. Và cường độ sự phát xạ này thể hiện nồng độ của nguyên tố trong mẫu đo.

*Ưu điểm của phương pháp:*

- Độ nhạy phân tích các nguyên tố cao, đạt được cỡ 0.001-0.1ppm
- Thiết bị ICP- OES có hệ quang học cho độ phân giải cỡ 0.006-0,010nm. Hệ thống thu, xử lý tín hiệu hiện đại cho phép lưu giữ và xử lý số liệu rất linh hoạt, đảm bảo kết quả chính xác.

- Khoảng động học của thiết bị có thể tăng từ 1-1000 lần nên có thể xác định được các nguyên tố vi lượng cùng với các nguyên tố hàm lượng cỡ phần trăm trong cùng một dung dịch đo.

- Mức độ tự động hóa cao, kết quả ít bị ảnh hưởng bởi các yếu tố chủ quan.

#### ***Nguyên tắc chung của phương pháp:***

Phương pháp dựa trên nguyên tắc đo cường độ vạch phổ phát xạ của các nguyên tố có trong mẫu nghiên cứu khi bị kích thích bằng nguồn năng lượng cao. Cường độ vạch phổ phụ thuộc vào hàm lượng của các nguyên tố chứa trong mẫu. Các máy đo chuyên dụng sẽ làm nhiệm vụ ghi lại cường độ vạch phổ sau khi chúng được khuếch đại và xử lý. Từ đó xác định được hàm lượng của các nguyên tố cần phân tích thông qua cường độ vạch phổ [10].



**Hình1.6: Máy phân tích quang phổ phát xạ ICP-OES tại trung tâm tiêu chuẩn đo lường chất lượng Hải Phòng.**

## CHƯƠNG II: THỰC NGHIỆM

### 2.1. Vật liệu

Vật liệu sử dụng là vỏ trấu. Một loại phụ phẩm nông nghiệp phổ biến nhất ở nước ta hiện nay. Nguồn cung cấp vật liệu tại địa phương.

### 2.2. Mục tiêu nghiên cứu

- Nghiên cứu sử dụng sóng siêu âm tần số 40KHz trong biến tính vật liệu hấp phụ (VLHP). Hấp phụ Pb và As trong nước.
- So sánh hiệu quả hấp phụ Pb và As của VLHP đã qua siêu âm và VLHP biến tính trong điều kiện thường.

### 2.3. Dụng cụ, thiết bị, hóa chất cần thiết cho nghiên cứu

#### 2.3.1. Chuẩn bị dụng cụ, hóa chất

Bảng 2.1: Danh mục dụng cụ, thiết bị cần thiết

STT	Tên dụng cụ, thiết bị	Mục đích
1	Tủ sấy	Sấy vật liệu
2	Cân phân tích	Cân vật liệu, hóa chất
3	Máy siêu âm	Tạo sóng siêu âm trong quá trình chế tạo VLHP
3	Máy hút chân không	Hỗ trợ rửa vật liệu trong quá trình chế tạo VLHP
4	Máy lắc	Hỗ trợ khảo sát khả năng hấp phụ của vật liệu
5	Máy phân tích phổ khối nguyên tử ICP- OES	Xác định nồng độ Pb, As sau hấp phụ
6	Một số dụng cụ khác : bình nón, cốc thủy tinh, pipet, phễu lọc...	Tiến hành thao tác thí nghiệm

Bảng 2.2: Danh mục hóa chất cần thiết

STT	Tên hóa chất	Mục đích
1	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Biến tính VLHP
2	Pb dạng bột	Khảo sát khả năng hấp phụ Pb của VLHP
3	HNO <sub>3</sub>	Hòa tan Pb
4	Muối As <sup>3+</sup>	Khảo sát khả năng hấp phụ As của VLHP
5	Nước cất 2 lần	Pha các dung dịch thực hiện nghiên cứu

### 2.3.2. Chuẩn bị dung dịch thí nghiệm

- Pha axit H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> Các nồng độ : 0,5M ; 1M; 2M ; 3M .

Sử dụng 4 bình tam giác loại 250ml, thêm vào đó khoảng 50ml nước cất. Lần lượt thêm vào các bình dung dịch H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> đặc với thể tích: 2,65ml; 5,3ml; 10,6ml; 15,9ml. Sau đó thêm nước cất đến vạch 100ml.

- Pha dung dịch Pb<sup>2+</sup> nồng độ 10.000ppm. Cân 10g bột Pb hòa tan trong dung dịch HNO<sub>3</sub> ( thể tích HNO<sub>3</sub> tính theo PTPU) sau đó định mức với nước cất đến vạch 1000ml.

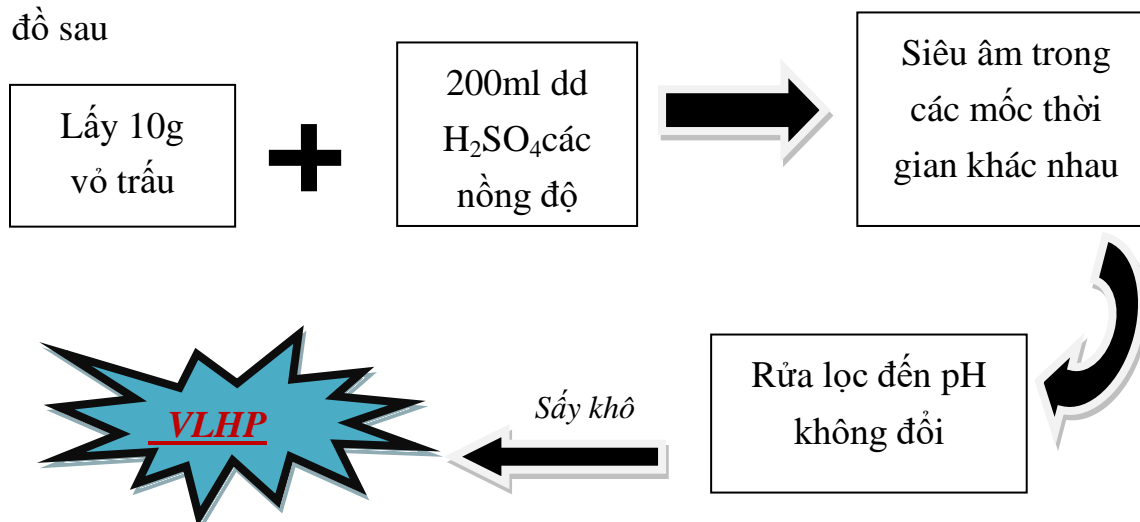
- Pha dung dịch As<sup>3+</sup> 10.000ppm: lượng muối cần cân tính theo hàm lượng % As<sup>3+</sup> trong muối.

### 2.4. Phương pháp nghiên cứu

#### 2.4.1. Biến tính vỏ trấu bằng axit sunfuric

Quy trình chế tạo vật liệu hấp phụ trong môi trường siêu âm từ vỏ trấu.

Vỏ trấu xay rôi (kích thước khoảng từ 0.5-1.5mm) được rửa sạch bằng nước cất để loại tạp chất, đem đi sấy khô. Sau đó thực hiện các bước theo sơ đồ sau



**2.4.2. Khảo sát khả năng hấp phụ của VLHP đối với Pb**

- Cách tiến hành:

Lấy 1 gam vật liệu hấp phụ thu được cho vào bình tam giác có chứa 50ml dung dịch  $Pb^{2+}$  nồng độ 10.000ppm.

Đem lắc mẫu trên máy lắc trong khoảng thời gian 30 phút.

Sau hấp phụ, lọc bỏ trấu, giữ lại phần nước trong, đem đi đo nồng độ  $Pb^{2+}$  còn lại trong dung dịch bằng phương pháp ICP- OES.

**2.4.3. Khảo sát khả năng hấp phụ của VLHP đối với As**

Tiến hành tương tự như đối với Chì. Lấy phần nước sau hấp phụ đem đi đo nồng độ As còn lại trong mẫu nước bằng phương pháp ICP- OES.

**2.4.4. Khảo sát ảnh hưởng của thời gian siêu âm và nồng độ axit (trong quá trình chế tạo VLHP) đến hiệu quả hấp phụ As và Pb trong nước.**

a. Ảnh hưởng của thời gian siêu âm

- Cách tiến hành:

Chuẩn bị 4 bình tam giác chứa 50ml dung dịch  $Pb^{2+}$  nồng độ 10.000ppm. Cho vào mỗi bình 1g vật liệu hấp phụ đã biến tính qua siêu âm với thời gian siêu âm lần lượt là: 30 phút; 1 giờ; 2 giờ; 3 giờ. Lắc các mẫu trên máy lắc trong thời gian 30 phút.

Sau hấp phụ, lọc bỏ trấu, dung dịch thu được đem đi đo ICP- OES.

Tính toán, so sánh kết quả thu được.

Đối với Asen, tiến hành thao tác tương tự như với Chì.

b. Ảnh hưởng của nồng độ axit  $H_2SO_4$  (sử dụng trong quá trình biến tính vật liệu) đến khả năng hấp phụ Pb và As .

- Tiến hành thí nghiệm: Chuẩn bị 4 bình tam giác mỗi bình chứa 50ml dung dịch  $Pb^{2+}$  ( $As^{2+}$ ) nồng độ 10.000ppm. Cân vào mỗi bình 1g vật liệu hấp phụ biến tính trong cùng một khoảng thời gian siêu âm. Tuy nhiên vật liệu được biến tính với nồng độ axit khác nhau lần lượt là 0,5M; 1M; 2M; 3M. Lắc mẫu 30 phút trên máy lắc.

Lọc dung dịch sau hấp phụ lấy phần nước đem đi đo ICP-OES.

Tính toán, so sánh kết quả thu được.

#### 2.4.5. So sánh khả năng hấp phụ của vật liệu thô, vật liệu đã qua biến tính và vật liệu được biến tính trong môi trường siêu âm.

Chuẩn bị 3 mẫu bình tam giác đánh số 1,2,3, mỗi bình chứa 50 ml dung dịch  $Pb^{2+}$  ( $As^{3+}$ ) nồng độ 10.000ppm. Cho vào mỗi bình mẫu 1g vật liệu.

Trong đó: Mẫu 1 chứa vật liệu thô chưa qua biến tính;

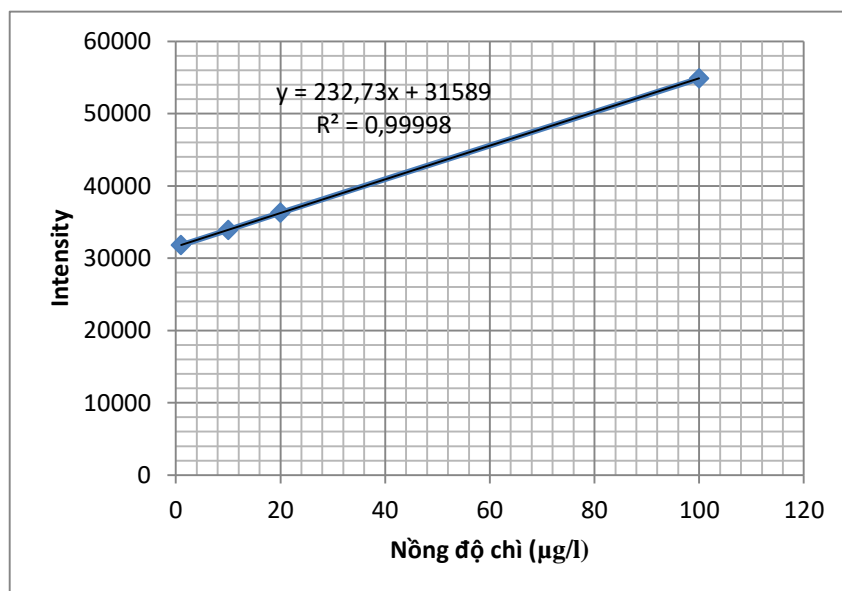
Mẫu 2 chứa vật liệu biến tính 24 giờ ở điều kiện thường không qua siêu âm.

Mẫu 3 chứa vật liệu hấp phụ được biến tính bằng axit trong môi trường siêu âm với tần số 40KHz.

Lắc 3 bình mẫu 30 phút trên máy lắc. Sau hấp phụ lọc lấy phần nước đem đi phân tích.

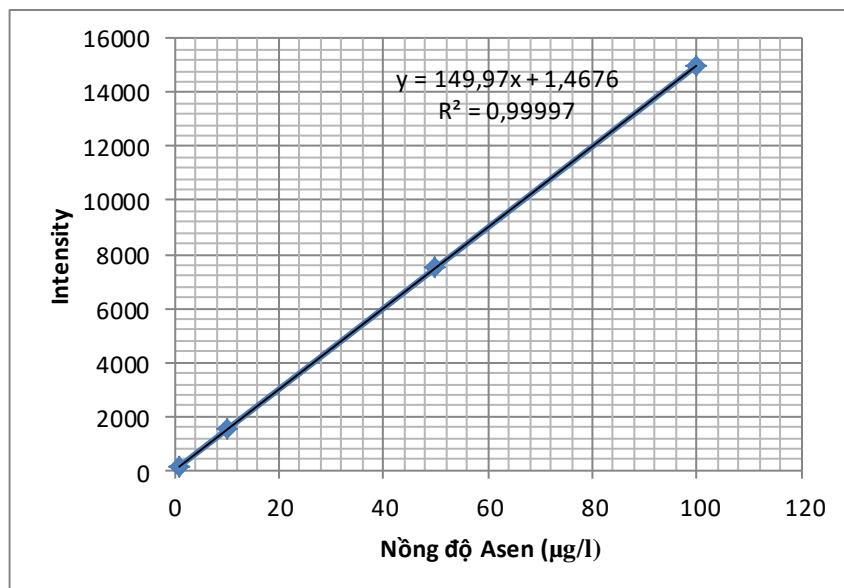
So sánh kết quả thu được.

#### 2.4.6. Đường chuẩn xác định nồng độ kim loại của phương pháp ICP-OES.



**Hình 2.1: Đường chuẩn xác định nồng độ  $Pb^{2+}$  sau hấp phụ**

Phương trình đường chuẩn để xác định nồng độ  $Pb^{2+}$  sau quá trình hấp phụ có dạng:  $y = 232,73x + 31589$ .



**Hình 2.2: Đường chuẩn xác định nồng độ  $As^{3+}$  sau hấp phụ**

Phương trình đường chuẩn để xác định nồng độ  $As^{3+}$  sau quá trình hấp phụ có dạng:  $y = 149,97x + 1,4676$

Hệ số hồi quy  $R^2$  của cả hai đường chuẩn trên đều rất cao, giá trị gần sát 1 thể hiện phương pháp đo có độ lặp lại cao và sai số thấp.



## CHƯƠNG III: KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

### 3.1. Ảnh hưởng của quá trình chế tạo VLHP đến hiệu quả hấp phụ Pb

Kết quả sau khi tiến hành các thí nghiệm thực nghiệm được biểu thị trong bảng như sau:

Bảng 3. 1: Ảnh hưởng của thời gian siêu âm và nồng độ axit  $H_2SO_4$  trong chế tạo VLHP đến nồng độ ion  $Pb^{2+}$  trong nước sau hấp phụ (ppm).

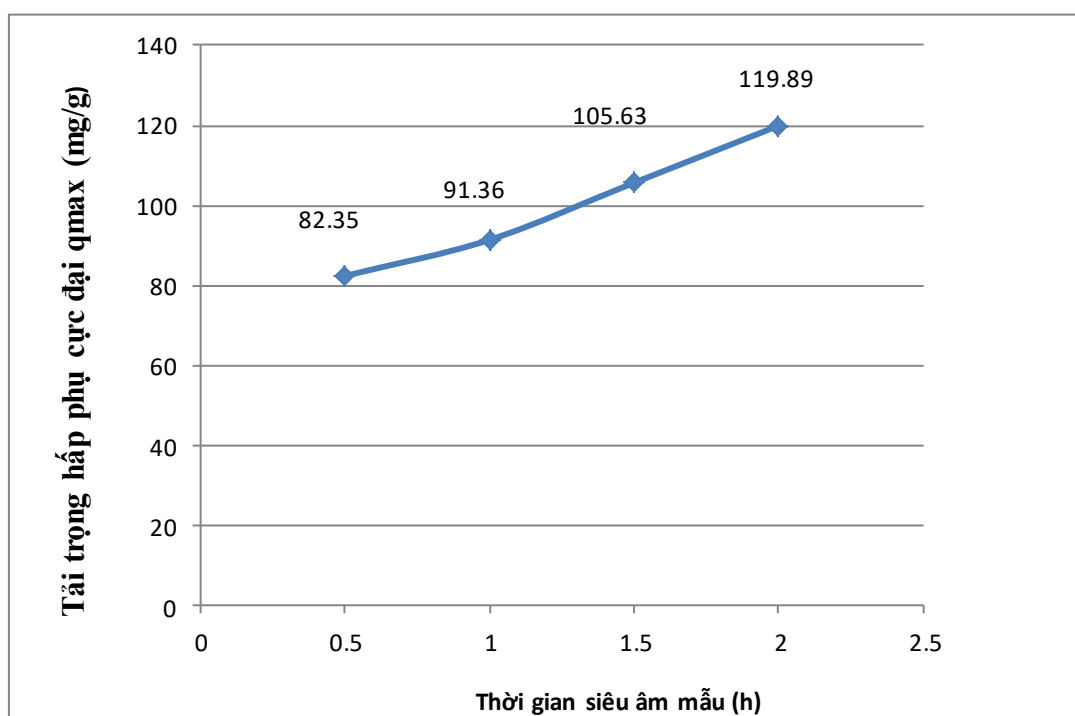
Thời gian siêu âm (h) \ Nồng độ (M)	0.5	1	1.5	2
0.5	8353	8172.8	7887.4	7602.2
1	8205	7652.2	6862.2	6135
2	8132.6	6800.8	5292.8	5211.4
3	8051.8	6003.4	4841.2	5703

Bảng 3.2: Ảnh hưởng của thời gian siêu âm và nồng độ axit  $H_2SO_4$  trong chế tạo VLHP đến tải trọng hấp phụ cực đại cực đại  $Pb_{2+}$  trong nước (mg/g)

Thời gian siêu âm (h) \ Nồng độ (M)	0.5	1	1.5	2
0.5	82.35	91.36	105.63	119.89
1	89.75	117.39	156.89	193.25
2	93.37	159.96	235.36	239.43
3	97.41	199.83	257.94	214.85

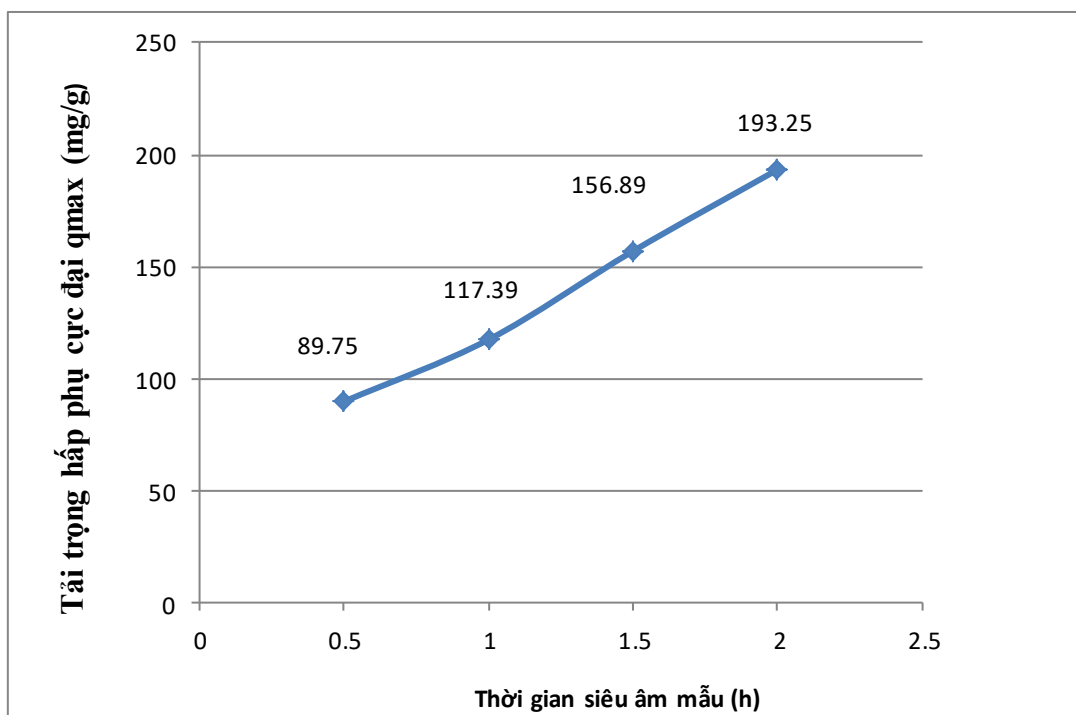
Qua các thí nghiệm thực nghiệm dùng vật liệu hấp phụ để hấp phụ  $Pb^{2+}$  có thể nhận thấy nồng độ axit  $H_2SO_4$  sử dụng trong thời gian biến tính vật liệu và thời gian siêu âm vật liệu đều ảnh hưởng đến tải trọng hấp phụ cực đại  $Pb^{2+}$  trong nước.

Sự khác biệt về khả năng hấp thụ ion  $Pb^{2+}$  của vật liệu khi được biến tính ở các mốc thời gian và với các nồng độ axit khác nhau được nhận thấy rõ nét từ bảng số liệu thu được qua quá trình thực nghiệm.



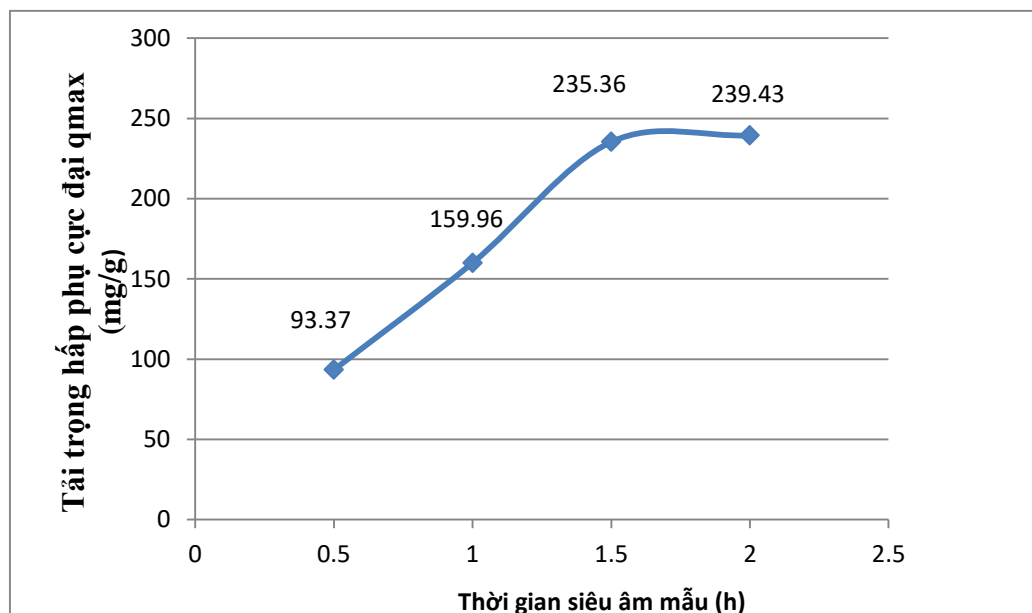
**Hình 3.1 : Tải trọng hấp phụ cực đại của VLHP được biến tính với nồng độ axit 0.5M siêu âm trong các khoảng thời gian.**

Khi ngâm trong cùng nồng độ axit 0.5M, tải trọng hấp phụ cực đại của VLHP chế tạo tăng dần từ 82.35 mg/g đến 119.89 mg/g khi thời gian siêu âm tăng từ 0.5 đến 2 giờ.



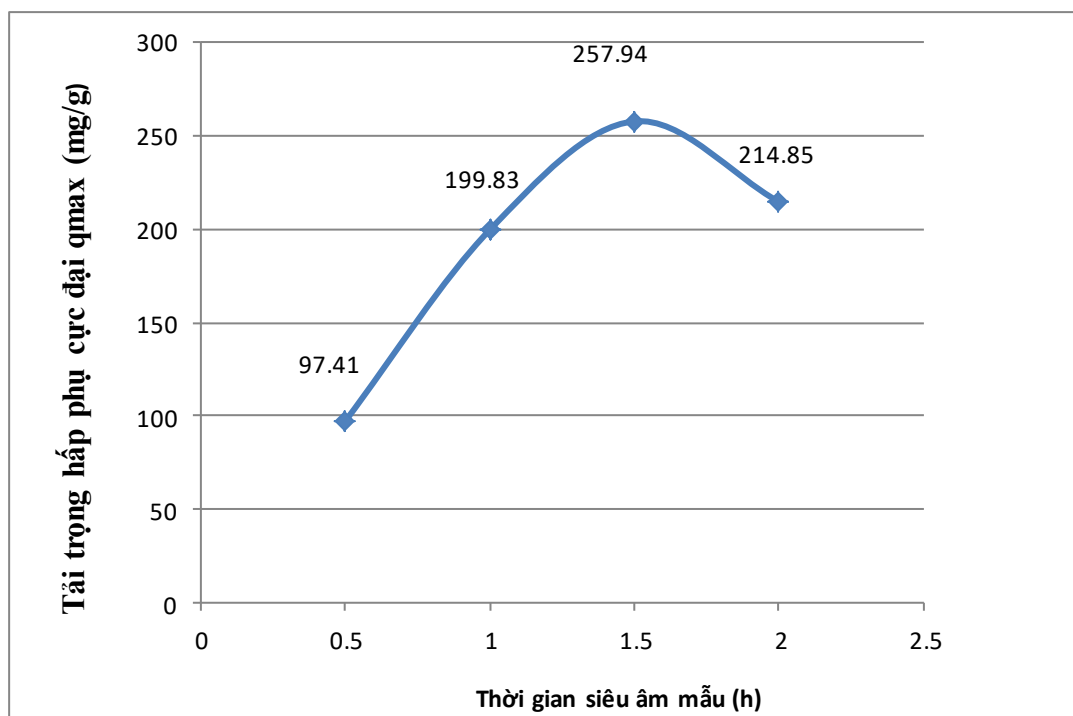
**Hình3.2: Tải trọng hấp phụ cực đại của VLHP được biến tính với nồng độ axit 1M siêu âm trong các khoảng thời gian .**

Khi ngâm trong cùng nồng độ axit 1M, tải trọng hấp phụ cực đại của VLHP chế tạo tăng dần từ 89.75 mg/g đến 193.25 mg/g khi thời gian siêu âm tăng từ 0.5 đến 2 giờ.



**Hình 3.3: Tải trọng hấp phụ cực đại của VLHP được biến tính với nồng độ axit 2M siêu âm trong các khoảng thời gian.**

Khi ngâm trong cùng nồng độ axit 2M, tải trọng hấp phụ cực đại của VLHP chế tạo tăng nhanh từ 93.37 mg/g đến 235.36 mg/g khi thời gian siêu âm tăng từ 0.5 đến 1.5 giờ. Khi tăng tiếp thời gian siêu âm lên 2 giờ, tải trọng hấp phụ cực đại tiếp tục tăng nhưng tăng chậm và không cao chỉ tăng thêm 4.07mg/g.



**Hình 3.4: Tải trọng hấp phụ cực đại của VLHP được biến tính với nồng độ axit 3M siêu âm trong các khoảng thời gian .**

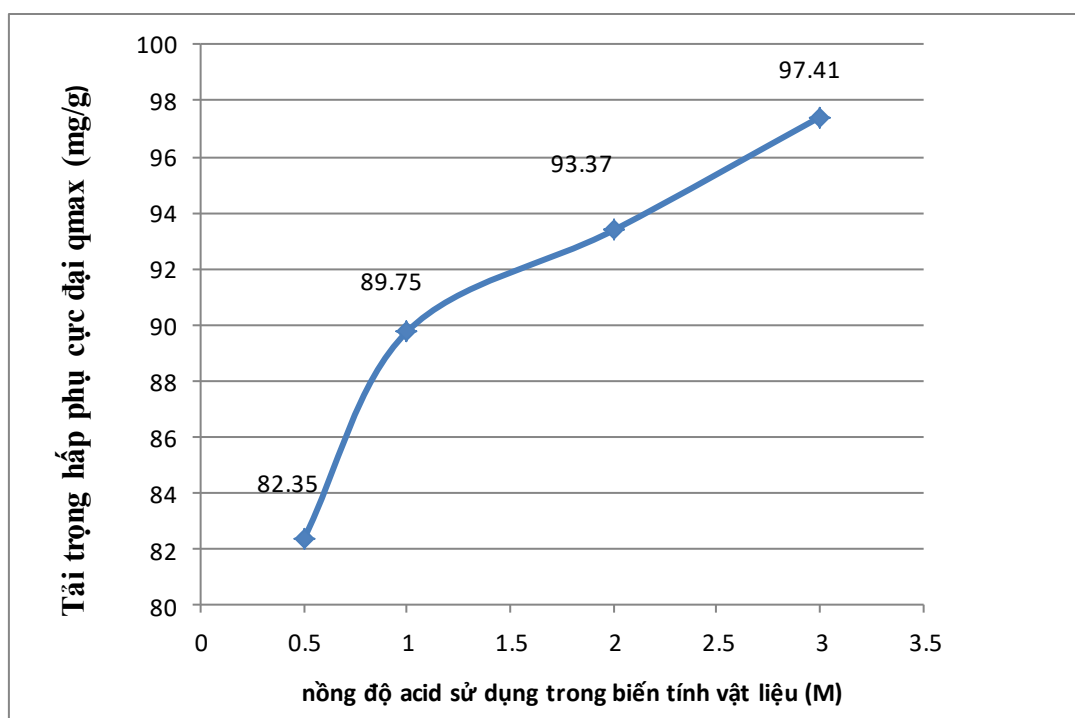
Khi ngâm trong cùng nồng độ axit 3M, tải trọng hấp phụ cực đại của VLHP chế tạo tăng từ 97.41mg/g đến 257.94 mg/g khi thời gian siêu âm tăng từ 0.5 đến 1.5 giờ. Khi tăng tiếp thời gian siêu âm lên 2 giờ, tải trọng hấp phụ cực đại giảm xuống còn 214.85 mg/g.

***Ảnh hưởng của thời gian siêu âm vật liệu hấp phụ đến hiệu quả hấp phụ Pb<sup>2+</sup> trong nước:***

Đối với hấp phụ chì trong nước thời gian siêu âm càng lâu, tải trọng hấp phụ cực đại càng lớn, hiệu quả hấp phụ càng cao. Tải trọng hấp phụ cực đại tăng dần khi thời gian siêu âm tăng từ 30 phút đến 2 giờ. Tuy nhiên tại điểm thời gian siêu âm là 2 giờ nồng độ axit sử dụng là 3M thì tải trọng hấp phụ

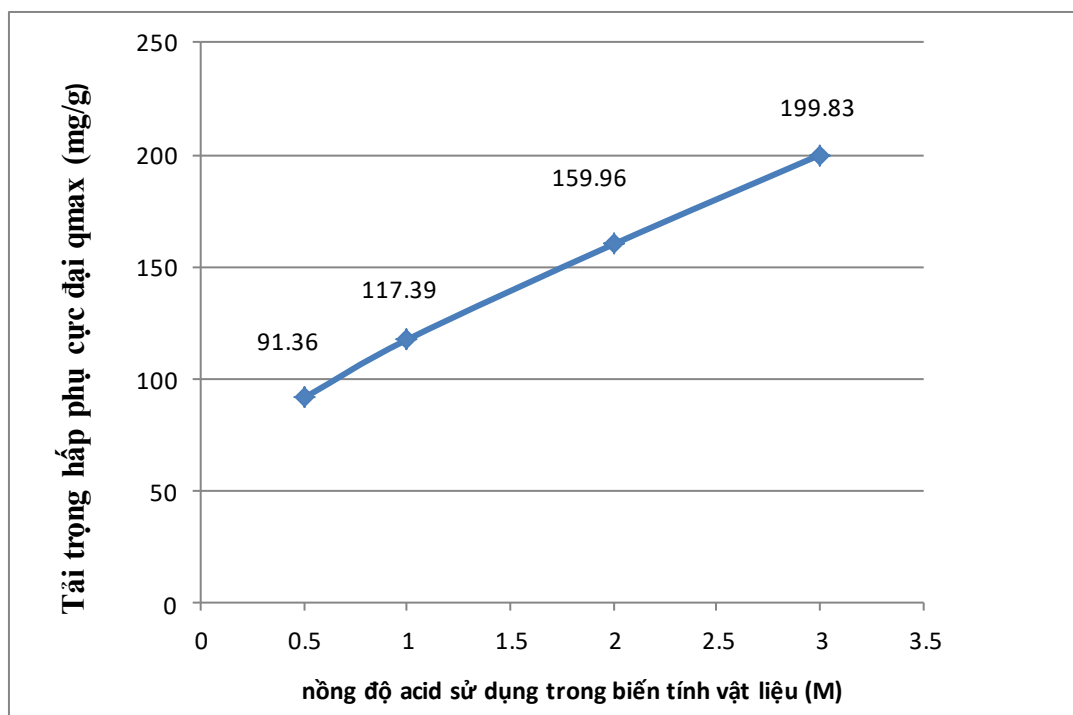
cực đại bắt đầu có dấu hiệu giảm. Vậy thời gian siêu âm để hiệu quả hấp phụ đạt tối ưu là trong khoảng từ 1.5- 2 giờ.

*Ảnh hưởng của nồng độ  $H_2SO_4$ :* Tại cùng một thời gian siêu âm, nồng độ axit  $H_2SO_4$  càng cao tải trọng hấp phụ cực đại càng lớn. Nồng độ  $Pb^{2+}$  còn lại trong nước sau hấp phụ càng nhỏ, cho thấy khả năng hấp phụ tăng cao. Vỏ trấu được biến tính với axit  $H_2SO_4$  ở nồng độ 3M cho kết quả hấp phụ tốt nhất so với các nồng độ còn lại. Điều đó cho thấy đối với VLHP dùng để hấp phụ Pb thì 3M là nồng độ vừa đủ để làm giãn các lỗ mao quản, tăng khả năng tiếp xúc của VLHP và chất bị hấp phụ khiến cho quá trình hấp phụ đạt hiệu quả cao. Kết quả được biểu thị trên đồ thị:



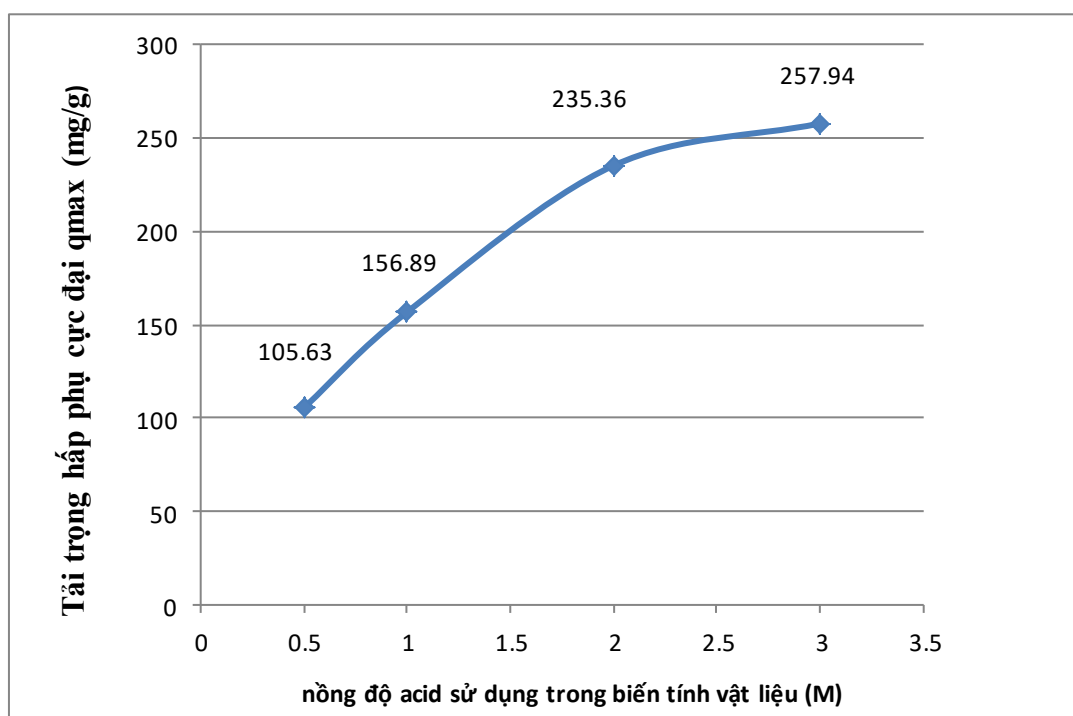
**Hình 3.5: Tải trọng hấp phụ cực đại của VLHP được biến tính với các nồng độ axit khác nhau trong thời gian siêu âm 30 phút**

Tại 30 phút siêu âm, tải trọng hấp phụ cực đại của VLHP chế tạo tăng dần từ 82.35 mg/g đến 97.41 mg/g khi nồng độ axit tăng từ 0.5 đến 3M.



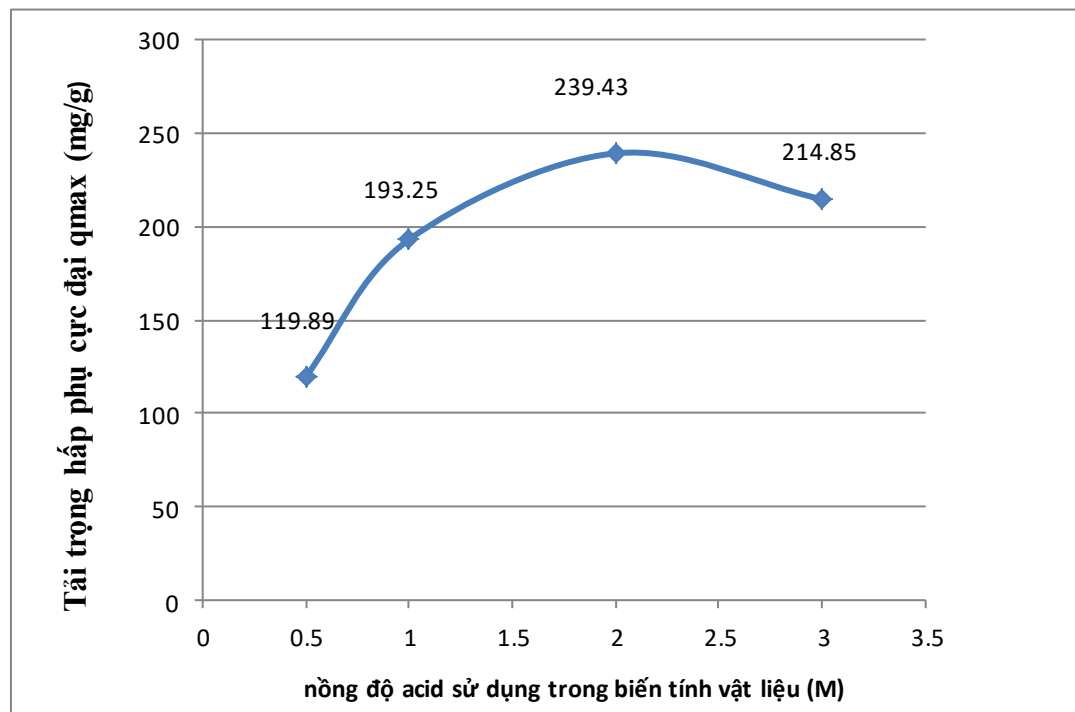
**Hình 3.6: Tải trọng hấp phụ cực đại của VLHP được biến tính với các nồng độ axit khác nhau trong thời gian siêu âm 1 giờ.**

Tại 1 giờ siêu âm, tải trọng hấp phụ cực đại của VLHP chế tạo tăng dần từ 91.36 mg/g đến 199.83 mg/g khi nồng độ axit tăng từ 0.5 đến 3M.



**Hình 3.7: Tải trọng hấp phụ cực đại của VLHP được biến tính với các nồng độ axit khác nhau trong thời gian siêu âm 1.5 giờ.**

Tại 1.5 giờ siêu âm, tải trọng hấp phụ cực đại của VLHP chế tạo tăng dần từ 1105.63 mg/g đến 257.94 mg/g khi nồng độ axit tăng từ 0.5 đến 3M.



**Hình 3.8: Tải trọng hấp phụ cực đại cực đại của VLHP được biến tính với các nồng độ axit khác nhau trong thời gian siêu âm 2 giờ.**

Tại 2 giờ siêu âm, tải trọng hấp phụ cực đại của VLHP chế tạo tăng dần từ 119.89 mg/g đến 239.43 mg/g khi nồng độ axit tăng từ 0.5 đến 2M. Khi tăng tiếp nồng độ axit lên 3M, tải trọng hấp phụ cực đại giảm xuống còn 214.85 mg/g.

Có thể thấy tải trọng hấp phụ cực đại của vật liệu hấp phụ chế tạo từ vỏ trấu đối với ion  $Pb^{2+}$  là rất lớn. Hiệu quả hấp phụ đạt tối ưu với VLHP được ngâm trong axit  $H_2SO_4$  3M với thời gian siêu âm là 1 giờ 30 phút. Tuy nhiên, xét về góc độ kinh tế thì nồng độ axit cao sẽ tốn kinh phí về hóa chất, trong khi đó nếu thời gian quá dài sẽ tốn chi phí về nhân công. Bởi vậy, thời gian siêu âm và nồng độ axit tối ưu để lựa chọn là 2M và siêu âm trong 2 giờ.

Thời gian siêu âm giúp cho tải trọng hấp phụ cực đại tăng lên đáng kể.

*Mối quan hệ giữa nồng độ axit và thời gian siêu âm: Nồng độ axit sử dụng càng cao thì thời gian siêu âm càng giảm.*

Với nồng độ axit 0.5M sau 2 giờ biến tính, tải trọng hấp phụ cực đại thu được là 119.89(mg/g). Tăng nồng độ lên 1M chỉ sau 1.5 giờ siêu âm, tải trọng hấp phụ cực đại đã là 156.89 (mg/g). Tăng tiếp nồng độ axit lên 2M chỉ sau 1 giờ siêu âm tải trọng đã tăng lên 159.96 (mg/g).

Mặt khác, một nghiên cứu của Trường Đại Học Đà Nẵng -Khoa Hóa cũng đã chỉ ra vật liệu hấp phụ được chế tạo từ vỏ trấu có khả năng hấp phụ ion  $Pb^{2+}$  trong nước rất tốt [10]. Tuy nhiên, nghiên cứu mới chỉ dừng lại ở vật liệu hấp phụ được biến tính trong điều kiện thường. Và đó cũng chính là một trong cơ sở để so sánh, chứng minh tác dụng của sóng siêu âm trong việc tăng hiệu quả hấp phụ và rút ngắn thời gian chế tạo vật liệu hấp phụ.

### 3.2. Ảnh hưởng của quá trình chế tạo VLHP đến hiệu quả hấp phụ As trong nước.

Bảng 3.3: Ảnh hưởng của thời gian siêu âm và nồng độ axit  $H_2SO_4$  trong chế tạo VLHP đến nồng độ  $As^{3+}$  trong nước sau hấp phụ (ppm).

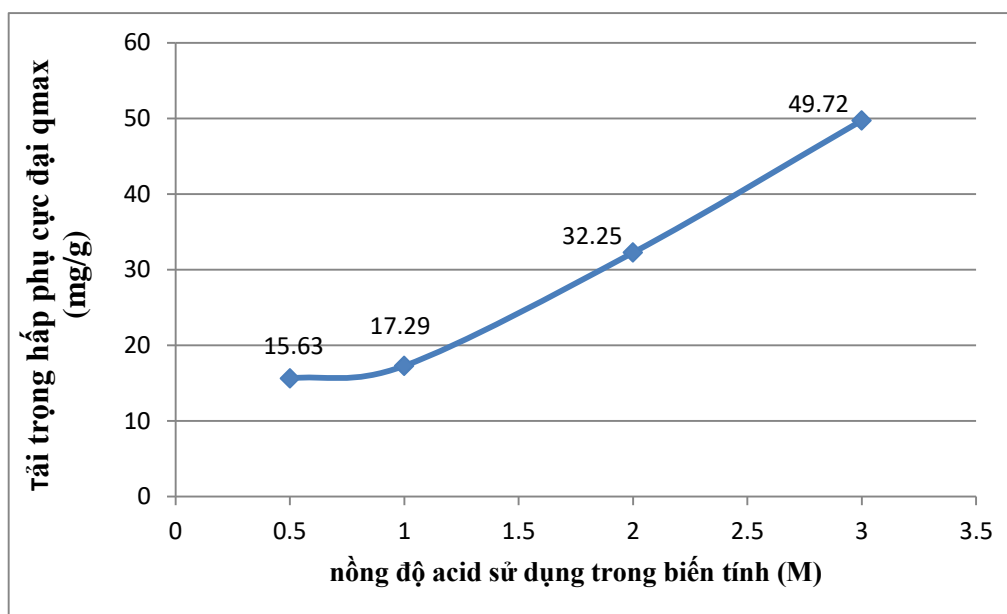
Thời gian siêu âm (h) \ Nồng độ (M)	0.5	1	1.5	2
0.5	9678.4	9606.2	9413	9181.8
1	9654.2	9492.6	8956.8	9083.4
2	9355	8960.8	9062.6	9179.2
3	9005.6	9133.8	9407.2	9481.6



**Bảng 3.4: Ảnh hưởng của thời gian siêu âm và nồng độ axit H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> trong chế tạo VLHP đến tải trọng hấp phụ cực đại của As<sup>3+</sup> trong nước (mg/g).**

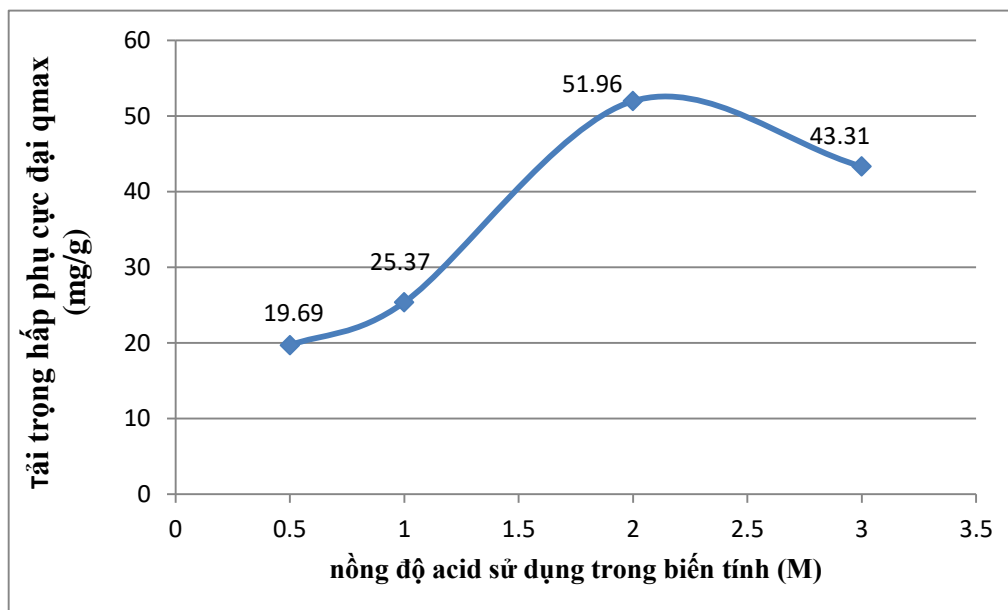
Thời gian siêu âm (h) \ Nồng độ (M)	0.5	1	1.5	2
0.5	15.63	19.69	29.35	40.91
1	17.29	25.37	52.16	45.83
2	32.25	51.96	46.87	41.04
3	49.72	43.31	29.64	25.92

Vật liệu hấp phụ được chế tạo từ vỏ trấu có khả năng hấp phụ ion As<sup>3+</sup> trong nước. Tuy nhiên khả năng hấp phụ không được tốt như đối với chì (Pb<sup>2+</sup>).



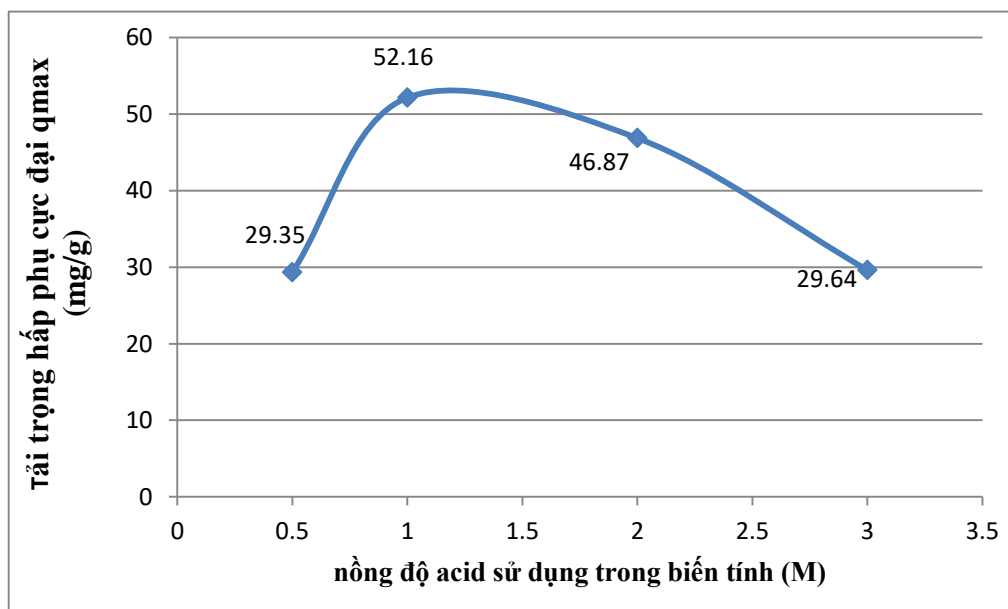
**Hình 3.9: Đồ thị tải trọng hấp phụ cực đại của VLHP được biến tính với các nồng độ axit khác nhau trong thời gian siêu âm 30 phút.**

. Tại 30 phút siêu âm, tải trọng hấp phụ cực đại của VLHP chế tạo tăng dần từ 15.63 mg/g đến 49.72 mg/g khi nồng độ axit tăng từ 0.5 đến 3M.



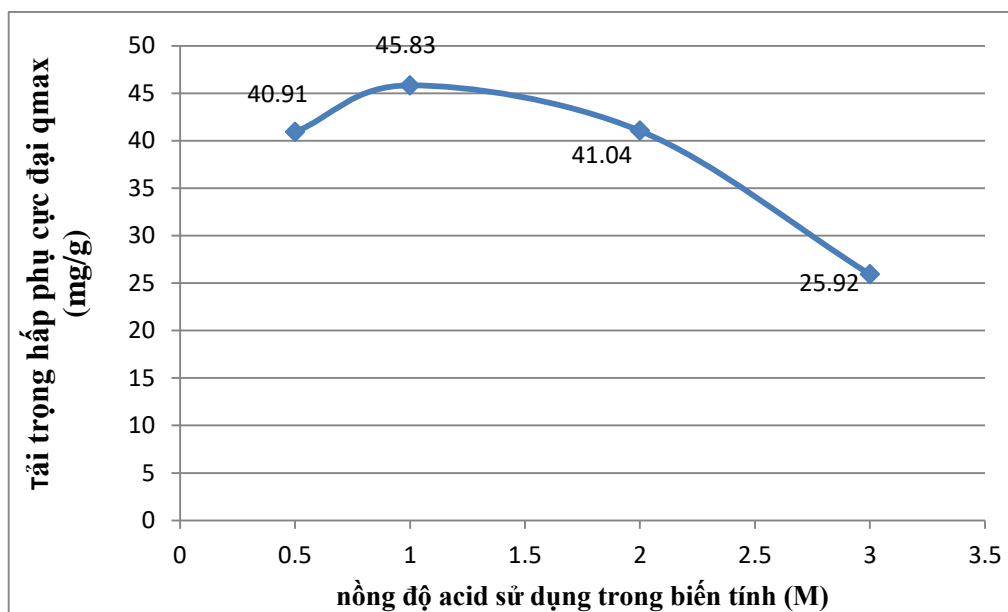
**Hình 3.10: Đồ thị tải trọng hấp phụ cực đại của VLHP được biến tính với các nồng độ axit khác nhau trong thời gian siêu âm 1 giờ.**

Tại 1 giờ siêu âm, tải trọng hấp phụ cực đại của VLHP chế tạo tăng dần từ 19.69mg/g đến 51.96 mg/g khi nồng độ axit tăng từ 0.5 đến 2M. Khi tăng tiếp nồng độ axit lên 3M, tải trọng hấp phụ cực đại giảm xuống còn 43.31 mg/g.



**Hình 3.11: Đồ thị tải trọng hấp phụ cực đại của VLHP được biến tính với các nồng độ axit khác nhau trong thời gian siêu âm 1.5 giờ**

Tại 1.5 giờ siêu âm, tải trọng hấp phụ cực đại của VLHP chế tạo tăng dần từ 29.35 mg/g đến 52.16 mg/g khi nồng độ axit tăng từ 0.5 đến M. Khi tăng tiếp nồng độ axit lên 2M và 3M, tải trọng hấp phụ cực đại giảm xuống còn 46.87 và sau đó là 29.64 mg/g.



**Hình 3.12: Đồ thị tải trọng hấp phụ cực đại của VLHP được biến tính với các nồng độ axit khác nhau trong thời gian siêu âm 2 giờ**

Tại 2h siêu âm, tải trọng hấp phụ cực đại của VLHP chế tạo tăng dần từ 40.91 mg/g đến 45.83 mg/g khi nồng độ axit tăng từ 0.5 đến 1M. Khi tăng tiếp nồng độ axit lên 2M và 3M, tải trọng hấp phụ cực đại giảm xuống còn 40.04 và sau đó giảm xuống còn 25.92 mg/g.

***Ảnh hưởng của nồng độ axit  $H_2SO_4$  sử dụng trong quá trình biến tính đến khả năng hấp phụ Asen trong nước của VLHP:***

Khi tăng nồng độ axit trong giai đoạn biến tính vật liệu thì khả năng hấp phụ Asen của vật liệu sau biến tính cũng tăng. Cụ thể:

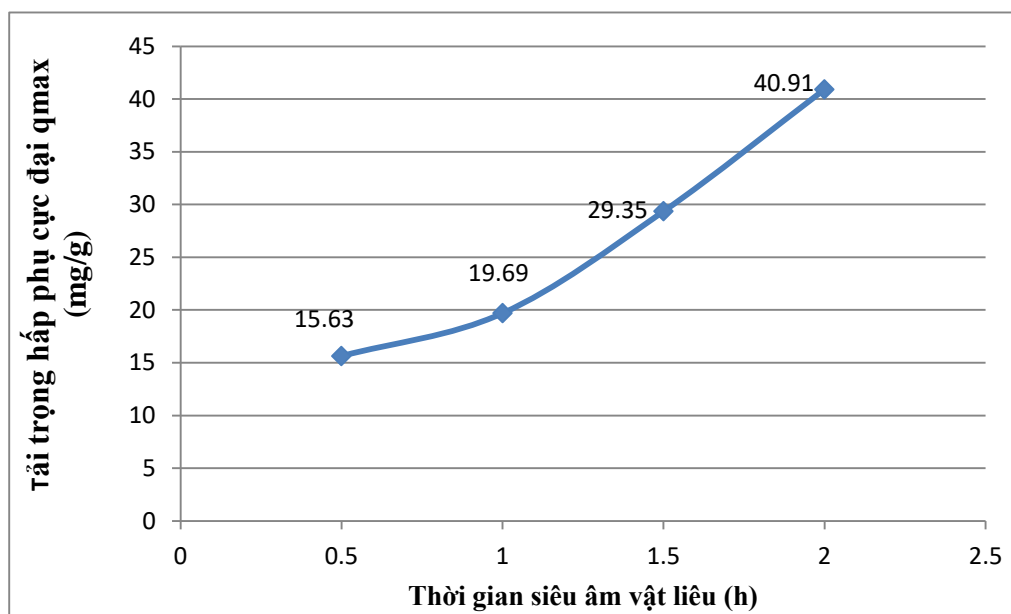
Đối với VLHP siêu âm 30 phút : Tải trọng hấp phụ cực đại tăng gấp 3 lần khi tăng nồng độ axit từ 0.5M lên đến 3M.

Mẫu VLHP siêu âm trong 1 giờ: tải trọng hấp phụ cực đại tăng 2.1 lần khi tăng nồng độ axit từ 0.5M lên 3M.

Tuy nhiên, thời gian siêu âm vượt quá giới hạn tăng tải trọng của vật liệu thì tải trọng hấp phụ cực đại của  $As^{3+}$  sẽ có xu hướng tỷ lệ nghịch với nồng độ  $H_2SO_4$  biến tính mẫu.

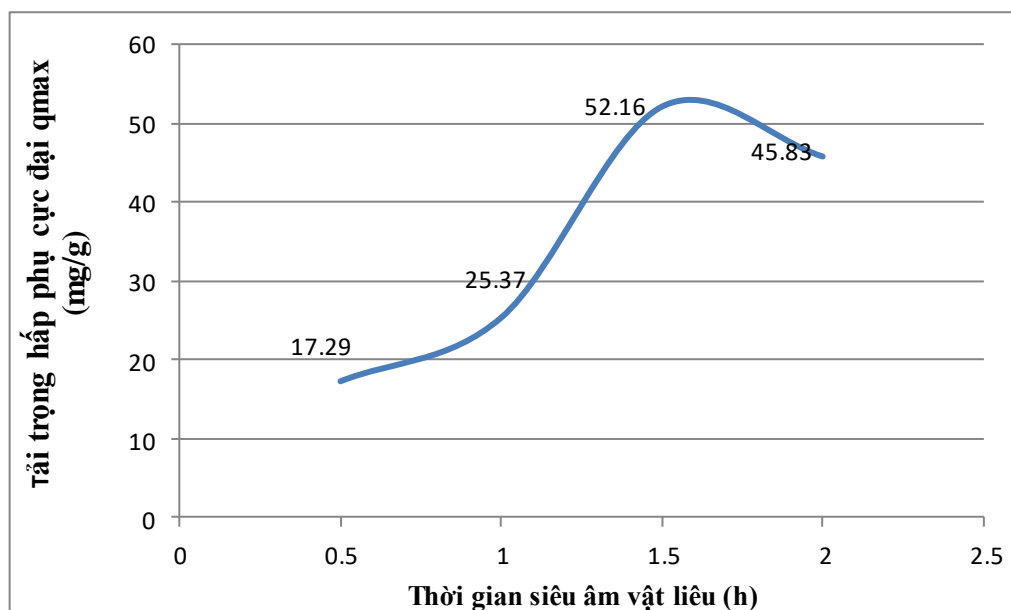
Tải trọng hấp phụ cực đại đạt tối ưu đối với vật liệu được ngâm trong axit với nồng độ 2M.

*Ảnh hưởng của thời gian siêu âm vật liệu hấp phụ đến khả năng hấp phụ  $As^{3+}$  trong nước:*



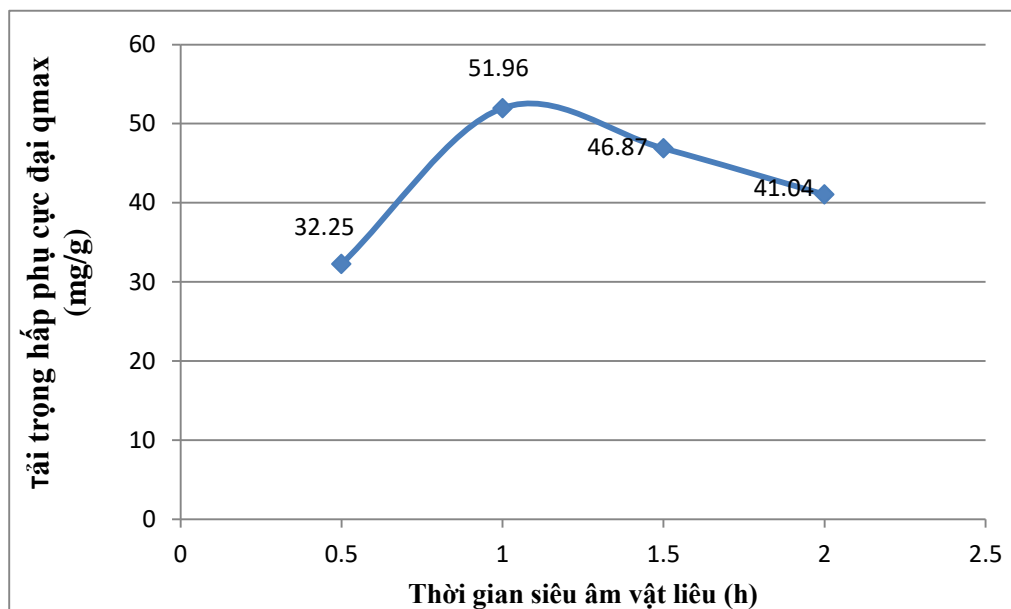
**Hình 3.13: Đồ thị tải trọng hấp phụ cực đại của VLHP được biến tính với nồng độ axit 0.5M và siêu âm trong các khoảng thời gian khác nhau.**

Ngâm trong cùng nồng độ axit 0.5M, tải trọng hấp phụ cực đại của VLHP chế tạo tăng từ 15.63 mg/g đến 40.91 mg/g khi thời gian siêu âm tăng từ 0.5 đến 2giờ.



**Hình 3.14: Đồ thị tải trọng hấp phụ cực đại của VLHP được biến tính với nồng độ axit 1M và siêu âm trong các khoảng thời gian khác nhau .**

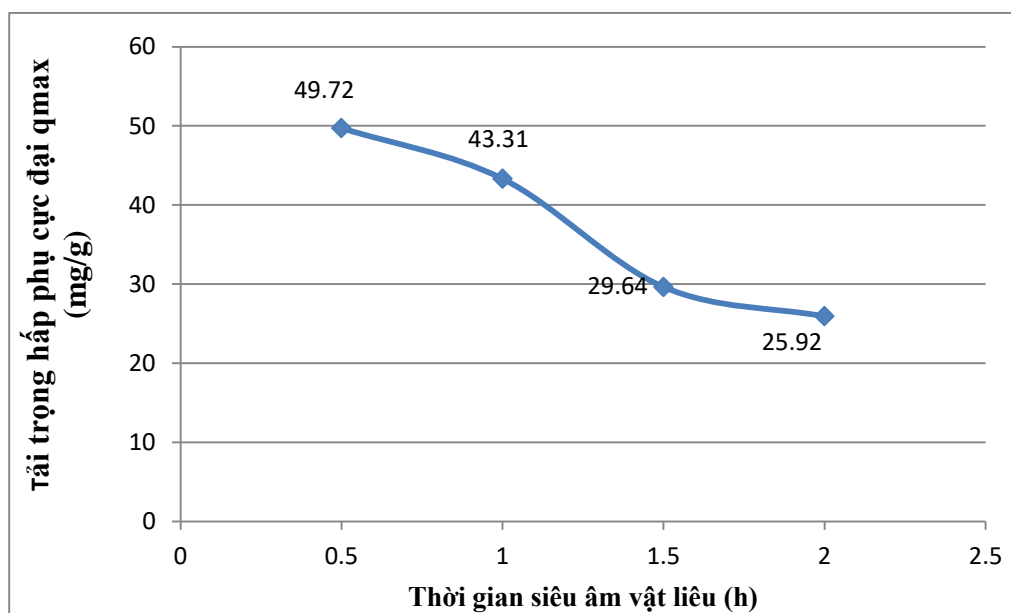
Ngâm trong cùng nồng độ axit 1M, tải trọng hấp phụ cực đại của VLHP chế tạo tăng từ 17.29mg/g đến 52.16 mg/g khi thời gian siêu âm tăng từ 0.5 đến 1.5giờ. Sau đó giảm xuống còn 45.83 khi tăng thời gian siêu âm lên 2h.



**Hình 3.15: Đồ thị tải trọng hấp phụ cực đại của VLHP được biến tính với nồng độ axit 2M trong các thời gian siêu âm .**

Ngâm trong cùng nồng độ axit 2M, tải trọng hấp phụ cực đại của VLHP chế tạo tăng từ 32.25 mg/g đến 51.96 mg/g khi thời gian siêu âm tăng từ 0.5

đến 1 giờ. Sau đó giảm xuống còn 46.87 khi tăng thời gian siêu âm lên 1.5 giờ. Tiếp tục tăng thời gian siêu âm lên 2 giờ thì tải trọng hấp phụ cực đại của vật liệu lại tiếp tục giảm thêm 5.83 mg/g nữa xuống còn 41.04 mg/g.



**Hình 3.16: Đồ thị tải trọng hấp phụ cực đại của VLHP được biến tính với nồng độ axit 3M và siêu âm trong các khoảng thời gian khác nhau.**

Ngâm trong cùng nồng độ axit 3M, tải trọng hấp phụ cực đại của VLHP chế tạo giảm dần đi từ 49.72 mg/g xuống còn 25.92 mg/g khi thời gian siêu âm tăng từ 0.5 đến 2 giờ.

Thời gian siêu âm càng lớn thì tải trọng hấp phụ cực đại càng cao, khả năng hấp phụ càng tốt.

Mẫu 0.5M có tải trọng hấp phụ cực đại tăng 2.6 lần khi tăng thời gian siêu âm từ 30 phút lên 2 giờ

Mẫu 1M có tải trọng hấp phụ cực đại tăng gấp 3 lần khi tăng thời gian siêu âm vật liệu từ 30 phút lên tới 1 giờ 30 phút.

Mẫu 2M có tải trọng hấp phụ cực đại tăng 1.6 lần khi tăng thời gian siêu âm vật liệu từ 30 phút lên 1 giờ.

Tuy nhiên, khi vượt quá khả năng giãn nở các mao quản của vật liệu thì tải trọng hấp phụ cực đại sẽ có xu hướng giảm. Cụ thể là khi nồng độ axit cao và thời gian biến tính dài. Khi đó tải trọng hấp phụ cực đại sẽ giảm dần. Đối với mẫu 3M, tải trọng hấp phụ cực đại giảm dần đều khi thời gian siêu âm vật

liệu tăng và đã giảm đi 1.9 lần khi tăng thời gian siêu âm vật liệu từ 30 phút lên đến 2 giờ.

Theo bảng số liệu thu được, thời gian siêu âm tối ưu để vật liệu sau biến tính hấp phụ  $As^{2+}$  là 1.5 giờ.

*Mối liên hệ giữa thời gian siêu âm và nồng độ axit  $H_2SO_4$  sử dụng trong biến tính vật liệu:*

Thời gian siêu âm tỉ lệ nghịch với nồng độ axit  $H_2SO_4$ .

Xét với mẫu nồng độ axit sử dụng trong biến tính vật liệu là 0.5M, siêu âm 2h, tải trọng hấp phụ cực đại của vật liệu với  $As^{3+}$  là 40.91 (mg/g). Khi tăng nồng độ axit lên 1M tải và giảm thời gian siêu âm xuống còn 1.5 giờ thì tải trọng hấp phụ cực đại tăng lên là 52.16 mg/g. Thời gian siêu âm đã giảm đi và tải trọng hấp phụ cực đại cũng tăng lên. Khi tăng nồng độ axit lên 2M thì thời gian siêu âm để vật liệu đạt tải trọng cực đại tối ưu là 1 giờ, khi đó  $q_{max} = 51.59$ mg/g. Tiếp tục tăng nồng độ axit lên 3M, thời gian siêu âm tương ứng để vật liệu đạt tải trọng cao nhất cũng tiếp tục giảm.

Như vậy, sóng siêu âm không chỉ làm tăng hấp phụ của VLHP đối với ion  $As^{3+}$  trong nước mà còn rút ngắn thời gian chế tạo vật liệu hấp phụ.

Thời gian siêu âm và nồng độ axit tối ưu đối với VLHP dùng để hấp phụ Asen trong nước là siêu âm 1.5 giờ với nồng độ axit  $H_2SO_4$  là 1M.

### **3.3. So sánh khả năng hấp phụ của vật liệu thô, vật liệu đã qua biến tính và vật liệu được biến tính trong môi trường siêu âm.**

Chuẩn bị 2 mẫu:

Mẫu 1 : vật liệu thô với vỏ trấu xay rôi( kích thước khoảng từ 0.5-1.5mm). Rửa sạch vật liệu bằng nước cất sau đó đem đi sấy khô ta được VLHP<sub>thô</sub>. Lấy 1g VLHP<sub>thô</sub> đem hấp phụ trong 50ml  $Pb^{2+}$ (hoặc  $As^{3+}$ ) 10.000ppm. Lắc 30 phút sau đó lọc lấy nước trong và đem đi đo ICP-OES. So sánh kết quả thu được.

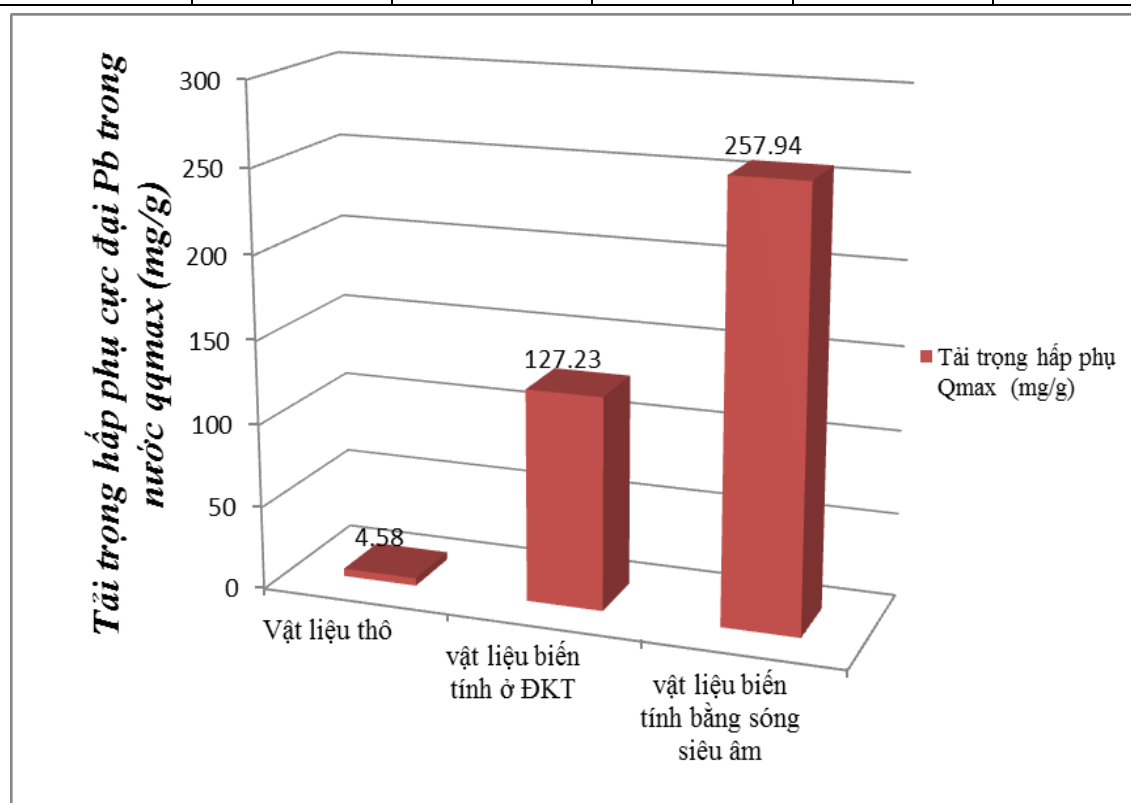
Mẫu 2: cho vào 4 bình tam giác mỗi bình chứa 200ml axit  $H_2SO_4$  4 nồng độ khác nhau (0.5M ; 1M; 2M; 3M) 10g vỏ trấu đã rửa sạch, sấy khô. Để 4 bình trên trong điều kiện thường, nhiệt độ phòng trong vòng 24 giờ. Sau đó rửa mẫu, sấy khô ta thu được VLHP<sub>ĐKT</sub>. Lấy 1g mẫu ( các mẫu biến tính với

các nồng độ axit khác nhau) đem hấp phụ vào bình chứa 50ml dung dịch  $Pb^{2+}$  (hoặc  $As^{3+}$ ) 10.000ppm. Lắc 30 phút sau đó lọc lấy nước trong và đem đi đo ICP-OES lấy kết quả tốt nhất để so sánh.

Đối với VLHP<sub>ĐKT</sub> và VLHP<sub>siêu âm</sub> thì mẫu đem đi so sánh là mẫu cho kết quả tốt nhất với tải trọng hấp phụ cực đại tối ưu và nồng độ ion kim loại sau hấp phụ là nhỏ nhất.

Bảng 3.5: So sánh khả năng hấp phụ ion  $Pb^{2+}$  của VLHP thô, biến tính ở ĐKT và biến tính qua siêu âm.

<b>Hấp phụ <math>Pb^{2+}</math> trong nước</b>					
Vật liệu thô		Vật liệu biến tính ở ĐKT trong (24h)		Vật liệu biến tính qua siêu âm	
$C_1$ (ppm)	$q_{max}$ (mg/g)	$C_1$ (ppm)	$q_{max}$ (mg/g)	$C_1$ (ppm)	$q_{max}$ (mg/g)
9908.4	4.58	7455.4	127.23	4841.2	257.94



**Hình 3. 17: Biểu đồ tải trọng hấp phụ cực đại của Pb trong nước của 3 vật liệu từ vỏ trấu**

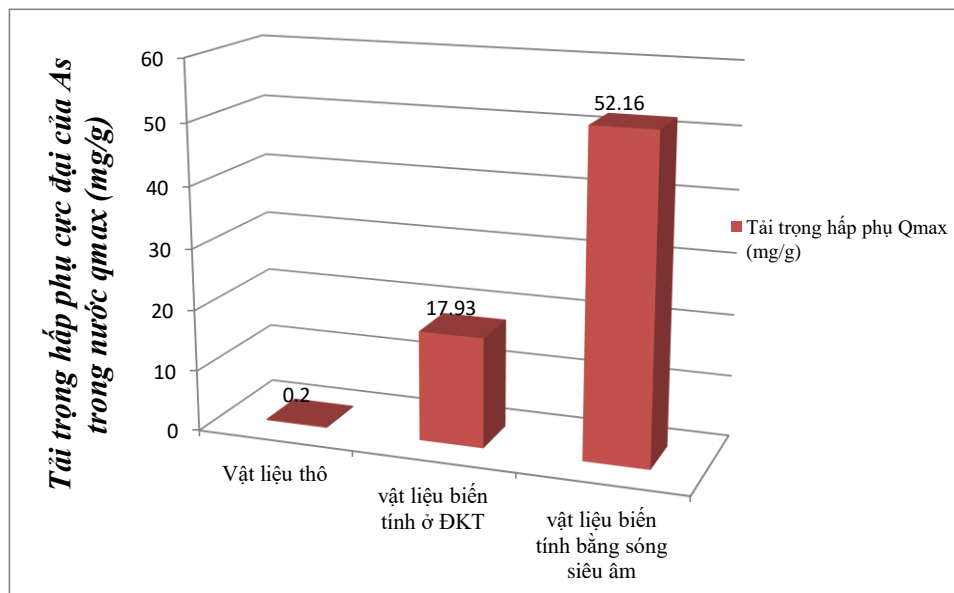


Khả năng hấp phụ Pb trong nước của VLHP được siêu âm cao nhất và cao vượt trội hẳn so với VLHP được biến tính ở ĐKT và vật liệu thô.

Tải trọng hấp phụ cực đại của vật liệu đạt tối ưu với khi được biến tính qua siêu âm ( $q_{\max}=257.94\text{mg/g}$  cao hơn gấp lần  $q_{\max}$  của vật liệu biến tính ở điều kiện thường và gấp 56 lần tải trọng hấp phụ cực đại của vật liệu thô chưa qua biến tính).

Bảng 3.6: So sánh khả năng hấp phụ ion  $\text{As}^{3+}$  của VLHP thô, biến tính ở ĐKT và biến tính qua siêu âm

<b>Hấp phụ <math>\text{As}^{3+}</math> trong nước</b>					
Vật liệu thô		Vật liệu biến tính ở ĐKT trong (24h)		Vật liệu biến tính qua siêu âm	
$C_1$ (ppm)	$q_{\max}$ (mg/g)	$C_1$ (ppm)	$q_{\max}$ (mg/g)	$C_1$ (ppm)	$q_{\max}$ (mg/g)
9996	0.2	9641.4	17.93	8956.8	52.16



Hình 3. 18: Biểu đồ tải trọng hấp phụ cực đại của As trong nước của 3 vật liệu từ vỏ trấu

Cũng tương tự như đối với  $Pb^{2+}$ . Vật liệu hấp phụ được biến tính qua siêu âm tần số 40KHz cũng thể hiện khả năng hấp phụ  $As^{3+}$  trong nước vượt trội hơn rất nhiều so với vật liệu thô và vật liệu được biến tính trong điều kiện thường.

Vật liệu được biến tính qua siêu âm tần số 40KHz cho kết quả tải trọng hấp phụ tốt nhất khi hấp phụ  $As^{3+}$  trong nước ( $q_{max}= 52.16mg/g$  cao hơn gấp 2.9 lần so với vật liệu được biến tính bằng axit trong điều kiện thường và gấp 260 lần so với vật liệu thô chưa qua biến tính).

**Như vậy: Sóng siêu âm ở tần số 40KHz có thể làm tăng khả năng hấp phụ ion kim loại nặng của vật liệu. Không chỉ vậy còn rút ngắn thời gian chế tạo vật liệu.**

Mẫu vật liệu biến tính trong ĐKT cần 24 giờ ngâm axit để được tải trọng hấp phụ cực đại tối ưu. Trong khi đó khi sử dụng sóng siêu âm, thời gian rút ngắn được rất nhiều. Đối với hấp phụ  $Pb^{2+}$  mẫu siêu âm đạt tải trọng tối ưu là mẫu siêu âm trong 2 giờ. Như vậy thời gian rút xuống 22 tiếng nhưng lại cho hiệu quả gấp đôi. Đối với hấp phụ  $As^{3+}$  mẫu siêu âm cho tải trọng hấp phụ cực đại cao nhất là mẫu siêu âm trong 1.5 giờ. Thời gian chế tạo vật liệu giảm đi 22.5 tiếng tuy nhiên tải trọng hấp phụ cực đại không hề giảm mà còn tăng lên gần gấp 3.

## CHƯƠNG IV: KẾT LUẬN

Qua quá trình thực hiện khóa luận tốt nghiệp với đề tài : *“Nghiên cứu ảnh hưởng của sóng siêu âm tần số 40KHz đến hiệu quả biến tính vỏ trấu để hấp phụ As và Pb trong nước”*, em thu được kết quả như sau:

1. Chế tạo được vật liệu hấp phụ từ vỏ trấu qua quá trình biến tính bằng axit  $H_2SO_4$  trong môi trường siêu âm với tần số 40KHz.

2. Sóng siêu âm tần số 40KHz có khả năng làm tăng khả năng tiếp xúc và thẩm thấu của axit  $H_2SO_4$  vào sâu bên trong các mao quản của vật liệu, làm giãn các mao quản của vật liệu. Vật liệu qua siêu âm có khả năng hấp phụ tốt, tải trọng hấp phụ cực đại cao.

3. Khảo sát thời gian siêu âm và nồng độ axit sử dụng trong quá trình siêu âm cho thấy: VLHP được ngâm axit  $H_2SO_4$  3M và siêu âm 1.5h cho kết quả tốt nhất khi hấp phụ Pb trong nước ( $q_{max}=257.94$  mg/g). Tuy nhiên, xét về mặt kinh tế để có thể ứng dụng trong thực tiễn thì VLHP ngâm trong axit 2M với thời gian 2 giờ cho tải trọng hấp phụ cực đại tối ưu nhất ( $q_{max}=239.43$  mg/g). Còn đối với hấp phụ As trong nước thì vật liệu cho kết quả tối ưu nhất là vật liệu hấp phụ được ngâm trong axit  $H_2SO_4$  1M và siêu âm trong 1.5 M ( $q_{max}=52.16$  mg/g).

4. Vật liệu hấp phụ chế tạo được có khả năng hấp phụ Pb và As trong nước.

5. Khảo sát khả năng hấp phụ của vật liệu chế tạo được đối với ion  $As^{3+}$  và ion  $Pb^{2+}$  trong nước nhận thấy VLHP hấp phụ Pb tốt hơn. Tải trọng hấp phụ cực đại lớn.

6. Vật liệu hấp phụ được biến tính trong môi trường siêu âm cho kết quả hấp phụ cực đại tốt hơn gấp nhiều lần so với vật liệu thô và vật liệu biến tính bằng  $H_2SO_4$  trong điều kiện thường.

7. Thời gian biến tính vật liệu giảm đi rất nhiều khi sử dụng sóng siêu âm. Tại ĐKT ta phải mất 24h để biến tính vật liệu thì tương ứng trong môi trường siêu âm chỉ mất khoảng 30 phút đến 1 giờ siêu âm.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- 1- Phạm Thị Thanh Hồng. Luận văn thạc sĩ: “Nghiên cứu xác định tổng số và tổng dạng Asen trong một số hải sản bằng phương pháp trắc quang” (2009). Trang 3-15.26-29
- 2- Đại học Nông Lâm Thái Nguyên- Luận văn- Đề tài : “ Độc học chì” (2014). Trang 7-18.
- 3- Khoa Sinh- Môi Trường.Đại Học Sư Phạm. Đại Học Đà Nẵng.Tiểu luận : “ Ô nhiễm kim loại nặng trong nước” (2014). Trang4-18.
- 4- Hoàng Đình Quyền. Khóa luận tốt nghiệp: “ *Nghiên cứu ảnh hưởng của sóng siêu âm đến quá trình hấp phụ Mangan của vật liệu lọc*”(2017). Trang 8-24.
- 5- Trần Văn Nhân, Ngô Thị Nga, Giáo trình công nghệ xử lý nước thải, NXB Khoa học và Kỹ thuật Hà Nội (2002).
- 6- Nguyễn Bin, *Giáo trình các quá trình, thiết bị trong công nghệ hóa chất và thực phẩm* , tập 4 - NXB Khoa học và Kỹ thuật Hà Nội (2004).
- 7- Huỳnh Thị Thành Huyền .Đại Học Đà Nẵng- “Nghiên cứu chế tạo vật liệu hấp phụ từ vỏ trấu. Khảo sát khả năng hấp phụ ion  $Pb^{2+}$  trong nước” (2016). Trang 25-27.29.33-43.
- 8- Trần Ngọc Ánh. Khóa luận tốt nghiệp : “*Nghiên cứu ảnh hưởng của sóng siêu âm đến quá trình biến tính than hoạt tính bằng axit sulfuric*” (2016). Trang 13-25.
- 9- Đại học Công Nghiệp TP.HCM- Khoa Công nghệ Hóa học- Đề tài: “Phương pháp cực phổ”.
- 10- Nguyễn Thị Mỹ Thiện. Luận văn Thạc sĩ vật lý.“Nghiên cứu phân tích mẫu địa hóa bằng phương pháp phổ phát xạ plasma cảm ứng (ICP-OES)” (2016).Trang 23-29.
- 11- Trần Văn Đức. Đại học Đà Nẵng. Đề tài: “ Nghiên cứu hấp phụ ion kim loại nặng  $Cu^{2+}$  và  $Zn^{2+}$  trong nước bằng vật liệu  $SiO_2$  tách từ vỏ trấu” (2012).