

**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**

**Giảng viên hướng dẫn : ThS Phạm Thị Minh Thúy**

**Sinh viên : Bế Thị Nhung**

**HẢI PHÒNG – 2012**

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

-----

**NGHIÊN CỨU KHẢ NĂNG TÁCH LOẠI  $\text{Cu}^{2+}$   
TRONG NƯỚC BẰNG VẬT LIỆU HẤP PHỤ  
CHẾ TẠO TỪ VỎ LẠC**

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

**Giảng viên hướng dẫn : ThS Phạm Thị Minh Thúy**

**Sinh viên : Bế Thị Nhung**

**HẢI PHÒNG – 2012**

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

-----

**NHIỆM VỤ ĐỀ TÀI TỐT NGHIỆP**

Sinh viên: **Bế Thị Nhung**

Mã SV: 120220

Lớp: MT1202

Ngành: Kỹ Thuật Môi

Trường

Tên đề tài: Nghiên cứu khả năng tách loại  $\text{Cu}^{2+}$  trong nước bằng vật liệu hấp phụ chế tạo từ vỏ lạc.

## **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).

- Nắm vững quy trình phân tích ion kim loại đồng cũng như cách thức chế tạo vật liệu hấp phụ.
- Tổng hợp các tài liệu tham khảo có liên quan đến nội dung khóa luận.
- Kỹ năng làm thực nghiệm.
- Kỹ năng xử lý và phân tích số liệu.
- Khảo sát sự ảnh hưởng của các yếu tố đến khả năng hấp phụ ion kim loại của vật liệu hấp phụ.

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

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

- Các số liệu thu được từ thí nghiệm.

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

3. Địa điểm thực tập tốt nghiệp.

Phòng thí nghiệm F203, Trường Đại Học Dân Lập Hải Phòng.

.....  
.....

**CÁN BỘ HƯỚNG DẪN ĐỀ TÀI TỐT NGHIỆP**

**Người hướng dẫn thứ nhất:**

Họ và tên: Phạm Thị Minh Thúy

Học hàm, học vị: Thạc sĩ

Cơ quan công tác: Khoa Môi Trường – Trường Đại Học Dân Lập Hải Phòng

Nội dung hướng dẫn:

- Hướng dẫn sinh viên tìm tài liệu tham khảo.
- Giám sát việc làm thí nghiệm.
- Chữa khóa luận tốt nghiệp.

**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 02 tháng 04 năm 2012.

Yêu cầu phải hoàn thành xong trước ngày 07 tháng 07 năm 2012.

Đã nhận nhiệm vụ ĐTTN

Đã giao nhiệm vụ ĐTTN

*Sinh viên*

*Người hướng dẫn*

Bé Thị Nhung

ThS Phạm Thị Minh Thúy

*Hải Phòng, ngày ..... tháng.....năm 2012*

**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:**

Trong thời gian làm đề tài tốt nghiệp sinh viên **Bế Thị Nhung** luôn có tinh thần làm việc tích cực với thái độ cầu tiến.

Chịu khó tìm tòi, nghiên cứu tài liệu, học hỏi thầy cô và các bạn để hoàn thiện khóa luận của mình.

Biết bố trí thời gian hợp lý cho từng công việc cụ thể.

Hòa đồng với bạn bè, luôn tạo được không khí làm việc tích cực trong tập thể.

**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...):**

Đáp ứng đầy đủ yêu cầu của khóa luận tốt nghiệp.

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

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

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

*Hải Phòng, ngày 6 tháng 7 năm 2012*

**Cán bộ hướng dẫn**

*(Ký và ghi rõ họ tên)*

*ThS Phạm Thị Minh Thúy*



**PHIẾU NHẬN XÉT TÓM TẮT CỦA NGƯỜI CHĂM PHẢN BIỆN**

1. Đánh giá chất lượng đề tài tốt nghiệp về các mặt thu thập và phân tích số liệu ban đầu, cơ sở lý luận chọn phương án tối ưu, cách tính toán chất lượng thuyết minh và bản vẽ, giá trị lý luận và thực tiễn đề tài.

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

2. Cho điểm của cán bộ phản biện (ghi cả số và chữ).

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

Hải Phòng, ngày ... tháng ... năm 2012  
**Cán bộ phản biện**

**LỜI CẢM ƠN**

Với lòng biết ơn sâu sắc, tôi xin chân thành cảm ơn cô giáo ThS. Phạm Thị Minh Thúy, giảng viên khoa Môi Trường - Trường Đại Học Dân Lập Hải Phòng đã định hướng và giúp đỡ tôi tận tình trong suốt quá trình làm khóa luận.

Tôi xin chân thành cảm ơn các thầy, cô giáo bộ môn Môi Trường đã truyền dạy những kiến thức thiết thực trong suốt quá trình học, đồng thời tôi xin cảm ơn nhà trường đã tạo điều kiện tốt nhất cho tôi hoàn thành khóa luận này.

Trong phạm vi hạn chế của một khóa luận tốt nghiệp, những kết quả thu được còn là rất ít và quá trình làm việc khó tránh khỏi những thiếu sót, tôi rất mong nhận được sự góp ý của các thầy cô giáo và các bạn.

Hải Phòng, ngày 06 tháng 7 năm 2012

Sinh viên

**Bé Thị Nhung**

## **DANH MỤC BẢNG**

- Bảng 1.1. Kết quả khảo sát nước thải phân xưởng mạ điện tại một số nhà máy
- Bảng 1.2. Giá trị C của các thông số ô nhiễm trong nước thải công nghiệp
- Bảng 1.3. Hệ số Kq ứng với lưu lượng dòng chảy của nguồn tiếp nhận nước thải
- Bảng 1.4. Hệ số Kq ứng với dung tích nguồn tiếp nhận nước thải
- Bảng 1.5. Hệ số lưu lượng nguồn thải  $K_f$
- Bảng 1.6. Các yếu tố làm ảnh hưởng đến chiều dài vùng chuyển khối và cách làm hạn chế hiệu ứng của chúng
- Bảng 1.7. Thành phần hóa học và tính chất của một số loại than hoạt tính
- Bảng 1.8. Một số chất hấp phụ polimer
- Bảng 2.1. Kết quả xác định đường chuẩn đồng
- Bảng 3.1. Ảnh hưởng của khối lượng vật liệu đến quá trình hấp phụ đồng
- Bảng 3.2. Ảnh hưởng của kích thước vật liệu đến quá trình hấp phụ đồng
- Bảng 3.3. Ảnh hưởng của thời gian đến quá trình hấp phụ đồng
- Bảng 3.4. Ảnh hưởng của pH đến quá trình hấp phụ đồng
- Bảng 3.5. Kết quả khảo sát sự phụ thuộc tải trọng hấp phụ vào nồng độ cân bằng của đồng
- Bảng 3.6. Kết quả hấp phụ  $Cu^{2+}$  bằng vật liệu hấp phụ
- Bảng 3.7. Kết quả giải hấp vật liệu hấp phụ bằng  $HNO_3$  1M

Bảng 3.8. Kết quả tái sinh vật liệu hấp phụ

## DANH MỤC HÌNH

Hình 1.1. Đường hấp phụ đẳng nhiệt Langmuir

Hình 1.2. Sự phụ thuộc của  $C_{f/q}$  vào  $C_f$

Hình 1.3. Đường hấp phụ đẳng nhiệt Freundlich

Hình 1.4. Sự phụ thuộc  $\lg A$  vào  $\lg C$

Hình 1.5. Cây lọc

Hình 1.6. Củ lọc phơi khô

Hình 1.7. Vỏ lọc già nhỏ

Hình 2.1. Phương trình đường chuẩn đồng

Hình 3.1. Ảnh hưởng của khối lượng vật liệu đến quá trình hấp phụ đồng

Hình 3.1. Ảnh hưởng của kích thước vật liệu đến quá trình hấp phụ đồng

Hình 3.1. Ảnh hưởng của thời gian đến quá trình hấp phụ đồng

Hình 3.1. Ảnh hưởng của pH đến quá trình hấp phụ đồng

Hình 3.5. Sự phụ thuộc của tải trọng hấp phụ  $q$  vào nồng độ cân bằng  $C_f$  của  $Cu^{2+}$  trong dung dịch

Hình 3.6. Sự phụ thuộc của  $C_{f/q}$  vào nồng độ cân bằng  $C_f$

## **DANH MỤC CÁC CHỮ VIẾT TẮT**

KLN: kim loại nặng

TCVN: tiêu chuẩn Việt Nam

QCVN: quy chuẩn Việt Nam

BTNMT: bộ tài nguyên môi trường

BOD: lượng oxy cần thiết để vi sinh vật oxy hóa các chất hữu cơ theo phản ứng.

COD: lượng oxy cần thiết để oxy hóa các hợp chất hóa học trong nước bao gồm cả vô cơ và hữu cơ.

VK: vi khuẩn

Bq: đơn vị hoạt độ phóng xạ

KLVLHP: khối lượng vật liệu hấp phụ

**MỤC LỤC**

**MỞ ĐẦU** ..... 5

**CHƯƠNG I. TỔNG QUAN** ..... 6

**I.1. Vai trò của nước và sự ô nhiễm nguồn nước bởi các kim loại nặng**.....

*I.1.1. Vai trò của nước* .....

*I.1.2. Thực trạng ô nhiễm bởi các kim loại nặng* .....

*I.1.3. Một số nguồn gây ô nhiễm kim loại nặng* ..... 7

*I.1.3.1. Hoạt động khai thác mỏ* .....

*I.1.3.2. Công nghiệp mạ* .....8

*I.1.3.3. Công nghiệp sản xuất các hợp chất vô cơ* .....9

*I.1.3.4. Quá trình sản xuất sơn, mực và thuốc nhuộm* ..... 10

*I.1.3.5. Công nghiệp luyện kim* .....

**I.1.4. Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải công nghiệp (QCVN 40:2011/BTNMT)** .....11

*I.1.4.1. Phạm vi điều chỉnh* .....

*I.1.4.2. Đối tượng áp dụng* .....

*I.1.4.3. Quy định kỹ thuật* .....

**I.2. Ảnh hưởng của kim loại nặng đến môi trường và sức khỏe con người** .....16

*I.2.1. Tác dụng hóa sinh của kim loại nặng đối với con người và môi trường* .....

*I.2.2. Ảnh hưởng của đồng* .....17

*I.2.2.1. Tính chất và sự phân bố của đồng trong môi trường* .....

*I.2.2.2. Độc tính của đồng* ..... 18

**I.3. Một số phương pháp xác định kim loại nặng trong nước** ..... 19

*I.3.1. Phương pháp phân tích trắc quang* .....

|   |           |
|---|-----------|
| <b>I.3.2. Phương pháp phổ hấp thụ nguyên tử .....</b>                                 |           |
| <b>I.3.3. Phương pháp phân tích cực phổ .....</b>                                     | <b>20</b> |
| <b>I.4. Các phương pháp xử lý nguồn nước bị ô nhiễm bởi các kim loại nặng .....</b>   | <b>21</b> |
| <b>I.4.1. Phương pháp kết tủa .....</b>   |           |
| <b>I.4.2. Phương pháp trao đổi ion .....</b>  |           |
| <b>I.4.3. Phương pháp điện hóa .....</b>  |           |
| <b>I.4.4. Phương pháp oxy hóa khử .....</b>   | <b>22</b> |
| <b>I.4.5. Phương pháp sinh học .....</b>  |           |
| <b>I.4.6. Phương pháp hấp phụ .....</b>   |           |
| <b>I.4.6.1. Khái niệm .....</b>   |           |
| <b>I.4.6.2. Động học của quá trình hấp phụ.....</b>                                   | <b>24</b> |
| <b>I.4.6.3. Các mô hình cơ bản của quá trình hấp phụ .....</b>                        |           |
| <b>I.4.6.4. Một số yếu tố ảnh hưởng đến quá trình hấp phụ và giải hấp.....</b>        | <b>29</b> |
| <b>I.4.6.5. Quá trình hấp phụ đồng trên cột .....</b>                                 | <b>30</b> |
| <b>I.5. Giới thiệu về vỏ lọc và một số vật liệu hấp phụ thường được sử dụng .....</b> | <b>31</b> |
| <b>I.5.1. Một số vật liệu thường được sử dụng .....</b>                               |           |
| <b>I.5.1.1. Nhóm khoáng tự nhiên .....</b>  | <b>32</b> |
| <b>I.5.1.2. Nhóm nguyên liệu tự nhiên và phế thải nông nghiệp .....</b>               |           |
| <b>I.5.1.3. Một số vật liệu hấp phụ khác .....</b>                                    | <b>34</b> |
| <b>I.5.2. Giới thiệu về vỏ lọc .....</b>  | <b>38</b> |
| <b>I.5.2.1. Năng suất và sản lượng lọc .....</b>                                      |           |
| <b>I.5.2.2. Thành phần chính của vỏ lọc .....</b>                                     | <b>40</b> |
| <b>I.5.2.3. Hướng nghiên cứu khi sử dụng vỏ lọc làm vật liệu hấp phụ .....</b>        | <b>41</b> |
| <b>CHƯƠNG II. THỰC NGHIỆM .....</b>   | <b>42</b> |
| <b>II.1. Dụng cụ và hóa chất .....</b>  |           |



|   |    |
|---|----|
| <i>II.1.1. Dụng cụ</i> .....  |    |
| <i>II.1.2. Hóa chất</i> .....   |    |
| <b>II.2. Phương pháp xác định đồng</b> .....  |    |
| <i>II.2.1. Nguyên tắc</i> .....   |    |
| <i>II.2.2. Hóa chất</i> .....   | 43 |
| <i>II.2.3. Trình tự phân tích</i> .....   |    |
| <b>II.3. Điều chế vật liệu hấp phụ từ vỏ lạc</b> .....  | 45 |
| <b>II.4. Khảo sát ảnh hưởng của khối lượng vật liệu đến quá trình hấp phụ</b> .....               |    |
| <b>II.5. Khảo sát ảnh hưởng của kích thước vật liệu đến quá trình hấp phụ</b> .....               |    |
| <b>II.6. Khảo sát thời gian đạt cân bằng hấp phụ</b> .....  | 46 |
| <b>II.7. Khảo sát ảnh hưởng của pH đến khả năng hấp phụ của vật liệu</b> .....                    |    |
| <b>II.8. Sự phụ thuộc tải trọng vào nồng độ cân bằng</b> .....                                    |    |
| <b>II.9. Khảo sát khả năng giải hấp và tái sinh vật liệu hấp phụ</b> .....                        |    |
| <i>II.9.1. Khảo sát khả năng giải hấp của vật liệu</i> .....                                      |    |
| <i>II.9.2. Khảo sát tái sinh của vật liệu</i> .....   | 47 |
| <b>CHƯƠNG III. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN</b> .....   | 48 |
| <b>III.1. Kết quả khảo sát ảnh hưởng của khối lượng vật liệu đến quá trình hấp phụ đồng</b> ..... |    |
| <b>III.2. Kết quả khảo sát ảnh hưởng của kích thước vật liệu đến quá trình hấp phụ đồng</b> ..... | 49 |
| <b>III.3. Kết quả khảo sát ảnh hưởng của thời gian đến quá trình hấp phụ đồng</b> .....           | 51 |
| <b>III.4. Kết quả khảo sát ảnh hưởng của pH vật liệu đến quá trình hấp phụ đồng</b> .....         | 52 |
| <b>III.5. Kết quả khảo sát sự phụ thuộc tải trọng hấp phụ vào nồng độ cân bằng của đồng</b> ..... | 54 |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>III.6. Kết quả khảo sát khả năng giải hấp, tái sinh vật liệu hấp phụ đối với đồng</b><br>..... | <b>56</b> |
| <b>KẾT LUẬN</b> .....   | <b>58</b> |
| <b>TÀI LIỆU THAM KHẢO</b> .....   | <b>59</b> |

## MỞ ĐẦU

Ngày nay, cùng với sự phát triển nhanh chóng của thế giới, ngành công nghiệp Việt Nam cũng đã có những tiến bộ không ngừng cả về số lượng các nhà máy cũng như chất lượng các loại sản phẩm ngày càng được nâng cao. Không những thế, ngành công nghiệp còn đóng một vai trò đáng kể trong nền kinh tế quốc dân. Bên cạnh những tác động tích cực do ngành công nghiệp mang lại thì cũng phải kể đến những tác động tiêu cực của ngành. Một trong những vấn đề bức xúc nhất phải kể đến là nguồn nước. Lượng các loại chất thải thải ra ngày càng nhiều làm dấy lên một hồi chuông báo động về thực trạng ô nhiễm môi trường làm ảnh hưởng tới sức khỏe của người dân và môi trường sống. Những nguồn nước thải có chứa các kim loại nặng chủ yếu như: thủy ngân, chì, đồng, crôm, niken... gây ảnh hưởng rất lớn (ngay cả khi chúng ở nồng độ rất thấp) do độc tính cao và khả năng tích lũy lâu dài trong cơ thể.

Ở Việt Nam, hệ thống xử lý nước thải chưa được quan tâm bởi các nhà máy thường có quy mô sản xuất vừa và nhỏ nên việc đầu tư vào xây dựng các hệ thống xử lý nước thải còn hạn chế. Hầu hết các hệ thống xử lý quá sơ sài nên chất thải thường thải trực tiếp hoặc xử lý sơ bộ dẫn đến tình trạng vượt hàm lượng chất ô nhiễm vượt quá tiêu chuẩn cho phép. Trước thực trạng đó, đòi hỏi phải có những phương pháp thích hợp, hiệu quả để xử lý kim loại nặng nhằm tránh và hạn chế những tác động xấu của nó đến sức khỏe cộng đồng và môi trường. Có các phương pháp xử lý ô nhiễm kim loại nặng có hiệu quả [8], sử dụng vật liệu hấp phụ chế tạo từ nguồn nguyên liệu tự nhiên như vỏ lạc, rom rạ, vỏ trấu, bã mía, lõi ngô... [12] đang được đánh giá cao về tính hiệu quả, đơn giản, chi phí thấp, cũng như quy trình xử lý thân thiện với môi trường. Càng thuận lợi hơn khi Việt Nam là một nước có nền nông nghiệp phát triển dồi dào.

Với mục đích đó, em đã chọn đề tài: “ *Nghiên cứu khả năng tách loại  $Cu^{2+}$  trong nước bằng vật liệu hấp phụ chế tạo từ vỏ lạc* ”.

## **CHƯƠNG I. TỔNG QUAN**

### **I.1. Vai trò của nước và sự ô nhiễm nguồn nước bởi các kim loại nặng**

#### ***I.1.1. Vai trò của nước***

Nước là tài sản chung của nhân loại, là nguồn gốc của sự sống, là môi trường trong đó diễn ra các quá trình sống. Nước đóng vai trò rất quan trọng trong việc đảm bảo cuộc sống của con người. Nước là dung môi lý tưởng để hòa tan, phân bố các chất vô cơ, hữu cơ, làm nguồn dinh dưỡng cho giới thủy sinh cũng như thực vật và động vật trên cạn, cho giới sinh vật và cả con người. Nước giúp cho các tế bào sinh vật trao đổi chất dinh dưỡng, tham gia vào các quá trình phản ứng sinh hóa và cấu tạo tế bào mới. Có thể nói ở đâu có nước ở đó có sự sống.

Trên trái đất, tổng trữ lượng nước khoảng 1386 triệu km<sup>3</sup> trong đó nước biển chiếm khoảng 97,3% còn lại là nước ngọt 2,7% (nhưng phần lớn ở dạng đóng băng 77,2%) [14]. Do vậy, con người khai thác các nguồn nước như: nước ngầm, hồ đầm, sông suối để phục vụ cho các mục đích khác nhau như: giao thông vận tải, tưới tiêu cho nông nghiệp, làm thủy điện, cung cấp nước cho sinh hoạt, làm nguyên liệu và các tác nhân trao đổi nhiệt trong công nghiệp hoặc sử dụng làm các phương tiện giải trí...

Hiện nay, với sự phát triển nhanh chóng của các ngành công nghiệp, nguồn nước ngày càng bị ô nhiễm bởi các loại chất thải khác nhau đe dọa môi trường và sức khỏe con người. Một trong các tác nhân gây ô nhiễm môi trường nước phải kể đến là các kim loại nặng.

#### ***I.1.2. Thực trạng ô nhiễm nước bởi các kim loại nặng***

Cùng với sự phát triển của khoa học kỹ thuật, nhu cầu cuộc sống của con người ngày càng tăng cao về mọi mặt dẫn tới sản lượng kim loại do con người khai thác hàng năm tăng lên. Đây chính là nguyên nhân chính làm cho nguồn nước bị ô nhiễm bởi các kim loại điển hình như: Cu<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>, Pb<sup>2+</sup>, Ni<sup>2+</sup>, Hg<sup>2+</sup>, Cd<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup> ...

Lịch sử đã ghi nhận những thảm họa môi trường do sự ô nhiễm bởi các kim loại nặng mà con người phải gánh chịu. Như ở Minatama (một thị trấn nhỏ ở Nhật Bản nằm ven biển Shirami) người dân ở đây mắc một chứng bệnh lạ về thần kinh. Nguyên nhân của bệnh này là do bị nhiễm độc thủy ngân từ thực phẩm biển và do nhà máy hóa chất Chisso thải ra (1953). Hoặc như bệnh ItaiItai của người dân sống ở lưu vực sông Tisu (1912 – 1926) do bị nhiễm độc Cd. Ở Bangladesh người dân ở đây bị đe dọa bởi nguồn nước bị nhiễm asen nặng ...

Hiện nay ở Việt Nam, mặc dù các cấp, các ngành đã có nhiều cố gắng trong việc thực hiện chính sách và pháp luật về bảo vệ môi trường, nhưng tình trạng ô nhiễm nước vẫn là vấn đề đáng lo ngại. Ở các thành phố lớn, hàng trăm cơ sở sản xuất công nghiệp đang gây ô nhiễm môi trường nước do không có công trình và thiết bị xử lý. Theo đánh giá của một số các công trình nghiên cứu, hiện nay hầu hết các sông, hồ ở hai thành phố lớn là Hà Nội, Hồ Chí Minh và một số thành phố có các khu công nghiệp lớn như Bình Dương nồng độ kim loại nặng của các sông ở các khu vực này đều vượt quá tiêu chuẩn cho phép từ 3 đến 4 lần, có thể kể đến các sông ở Hà Nội như sông Tô Lịch, sông Nhuệ (nơi có nhiều nhà máy, khu công nghiệp), ở thành phố Hồ Chí Minh là sông Sài Gòn và kênh Nhiêu Lộc, kênh Sài Gòn ... [2] [3] làm ảnh hưởng đến môi trường sống của các sinh vật thủy sinh và sức khỏe con người. Vì vậy, việc xử lý nước thải ngay tại các nhà máy, các khu công nghiệp là vô cùng cần thiết và đòi hỏi sự giám sát chặt chẽ, thường xuyên của các cơ quan chức năng.

### ***1.1.3. Một số nguồn gây ô nhiễm kim loại nặng***

#### ***1.1.3.1. Hoạt động khai thác mỏ***

Khoa học càng phát triển, nhu cầu của con người và xã hội ngày càng cao dẫn tới sản lượng kim loại do con người khai thác hàng năm càng tăng hay lượng kim loại nặng trong nước thải càng lớn, nảy sinh yêu cầu về xử lý nước thải có chứa kim loại nặng đó.

Việc khai thác và tuyển dụng quặng vàng phải dùng đến thuốc tuyển có chứa Hg, CN- ... Ngoài ra, các nguyên tố kim loại nặng như As, Pb... có thể hòa tan vào nước. Vì vậy, ô nhiễm hóa học do khai thác và tuyển quặng vàng là nguy cơ đáng lo ngại đối với nguồn nước sinh hoạt và nước công nghiệp. Nước ở các mỏ than thường có hàm lượng cao các ion kim loại nặng, á kim ... cao hơn TCVN từ 1 đến 3 lần. Các kết quả nghiên cứu của Viện Y học lao động và vệ sinh môi trường năm 2010 cho thấy môi trường các khu vực khai thác, chế biến kim loại màu ở phía Bắc nước ta như mỏ chì - kẽm Lang Hích, mỏ chì - kẽm Bản Thi, mỏ mangan Cao Bằng, mỏ thiếc Sơn Dương... thường có hàm lượng kim loại nặng vượt giới hạn cho phép từ 2 - 10 lần về chì; 1,5 - 5 lần về asen; 2 - 15 lần về kẽm... Tại mỏ than lộ thiên Khánh Hòa nồng độ bụi than và bụi đá trong môi trường có lúc lên tới  $42\text{mg}/\text{m}^3$ . Hậu quả là có tới 8 - 10% công nhân trong khu vực này bị nhiễm độc chì, asen, hoặc bị bệnh bụi phổi hàng năm phải đi điều trị. Do đó, việc xử lý nước thải từ hoạt động khai thác mỏ là vô cùng cần thiết.

#### *1.1.3.2. Công nghiệp mạ*

Nước thải của quá trình mạ điện có chứa hàm lượng kim loại khá cao. Theo kết quả khảo sát nước thải phân xưởng mạ điện tại một số nhà máy như sau:

**Bảng 1.1. Kết quả khảo sát nước thải phân xưởng mạ điện  
tại một số nhà máy**

| Địa điểm                          | Lượng nước thải<br>(m <sup>3</sup> /ngày) | pH             | Hàm Lượng<br>Cr <sup>6+</sup> (mg/l) | Hàm lượng Ni <sup>2+</sup><br>( mg/ngày) |
|-----------------------------------|---|----------------|--------------------------------------|--|
| Nhà máy cơ khí<br>chính xác       | 10  | 2,9 ÷ 12       | 0,21 ÷ 14,8                          | 0,5 ÷ 20,1                               |
| Nhà máy khóa Minh<br>Khai         | 70  | 6,3 ÷ 7,5      | 5 ÷ 20                               | 0,1 ÷ 48                                 |
| Công ty cơ điện<br>Thống Nhất     | 20  | 5,8            | 3 ÷ 10                               | 0,2 ÷ 6,05                               |
| <b>QCVN<br/>40:2011/BTNMT (B)</b> |   | <b>5,5 ÷ 9</b> | <b>0,1</b>                           | <b>0,5</b>                               |

Kết quả cho thấy hàm lượng ion kim loại nặng Cr<sup>6+</sup>, Ni<sup>2+</sup> đều cao hơn nhiều lần so với tiêu chuẩn cho phép. Mặt khác, do pH thường dao động trong khoảng rộng nên ảnh hưởng đến khả năng hòa tan kim loại. Vì vậy, luôn có sự biến động về nồng độ kim loại nặng dẫn đến những khó khăn cho quá trình xử lý. Đây là nguyên nhân gây ô nhiễm các nguồn tiếp cận: nước mặt, nước ngầm, hệ thống xử lý nước thải gây tích tụ sinh học, ảnh hưởng tới sức khỏe cộng đồng.

#### 1.1.3.3. Công nghiệp sản xuất các hợp chất vô cơ

Các kim loại nặng được thải ra ở hầu hết các quá trình sản xuất các hợp chất vô cơ như quá trình sản xuất xút - Clo, HF, NiSO<sub>4</sub>, CuSO<sub>4</sub> ... Trước đây, thủy ngân được thải ra với lượng lớn trong quá trình sản xuất xút - clo vì công nghệ sản xuất xút - clo sử dụng điện cực thủy ngân. Dòng nước thải từ bể điện phân có thể có nồng độ thủy ngân lên tới 35mg/l. Nồng độ Niken cao tới 390mg/l được phát hiện trong nước từ một nhà máy sản xuất NiSO<sub>4</sub>. Khi hàm lượng kim loại nặng thải ra cao như vậy, nếu

không có biện pháp xử lý thích hợp, triệt để thì ô nhiễm nguồn nước là hậu quả tất yếu.

#### *1.1.3.4. Quá trình sản xuất sơn, mực và thuốc nhuộm*

Công nghiệp sản xuất sơn mực và thuốc nhuộm sử dụng nhiều hoá chất có chứa kim loại nặng như: cadimium là kim loại có nhiều trong tự nhiên thường được sử dụng trong các pigment để in vật liệu dệt, đặc biệt là các pigment màu đỏ, màu vàng, màu cam, xanh lá cây và được sử dụng là tác nhân nhuộm màu cho vật liệu dệt, da và sản phẩm plastic. Các kim loại nặng gồm antimoan, asen, bari và seleni, các kim loại này được cho là gây ra các ảnh hưởng tiêu cực lên sức khỏe con người. Các kim loại này gắn liền với xơ tổng hợp (có thể tìm thấy trong phụ liệu trang trí quần áo và vật liệu phụ trợ), các hợp chất hữu cơ như là các nhóm butyl và phenyl kết hợp thiếc (có thể tìm thấy trong các chất kháng khuẩn, plastic, mực in, sơn và vật liệu chuyển nhiệt). Crom là kim loại có trong tự nhiên. Trong vật liệu dệt và quần áo, người ta có thể tìm thấy crom trong plastic, da thuộc và các pigment.

Hiện nay, một số cơ sở sản xuất đang thải trực tiếp nước thải ra môi trường làm ô nhiễm sông ngòi, chết các sinh vật thủy sinh, ảnh hưởng đến kinh tế và sức khỏe của người dân quanh khu vực phát thải. Vì vậy, việc xử lý nước thải sơn, mực, thuốc nhuộm là vô cùng cấp thiết.

#### *1.1.3.5. Công nghiệp luyện kim*

Một lượng lớn hóa chất độc hại như:  $\text{CN}^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$  và đặc biệt là các xurong lò cao, lò khử trực tiếp được thải ra môi trường đã làm ô nhiễm nặng cho nguồn nước.

Trong những năm gần đây, có thể thấy tình trạng ô nhiễm môi trường nước ở Việt Nam đang là vấn đề cần giải quyết cấp bách trong quá trình phát triển kinh tế - xã hội. Việc kiểm soát, bảo vệ các nguồn nước cũng như hệ sinh thái là việc làm có ý nghĩa chiến lược quốc gia. Vì vậy, bên cạnh các biện pháp kiểm soát ô nhiễm với những chính sách bảo vệ môi trường của Nhà nước, nghiên cứu các phương pháp xử lý ô nhiễm nước hiệu quả, kinh tế là một việc làm thiết thực và có ý nghĩa.



#### ***I.1.4. Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải công nghiệp (QCVN 40:2011/BTNMT) [15]***

##### *I.1.4.1. Phạm vi điều chỉnh*

Quy chuẩn này quy định giá trị tối đa cho phép của các thông số ô nhiễm trong nước thải công nghiệp khi xả ra nguồn tiếp nhận nước thải.

##### *I.1.4.2. Đối tượng áp dụng*

- Quy chuẩn này áp dụng đối với tổ chức, cá nhân liên quan đến hoạt động xả nước thải công nghiệp ra nguồn tiếp nhận nước thải.

- Nước thải của một số ngành đặc thù được áp dụng theo quy chuẩn kỹ thuật quốc gia riêng.

- Nước thải công nghiệp xả vào hệ thống thu gom của nhà máy xử lý nước thải tập trung tuân thủ theo quy định của đơn vị quản lý và vận hành nhà máy xử lý nước thải tập trung.

##### *I.1.4.3. Quy định kỹ thuật*

Giá trị tối đa cho phép của các thông số ô nhiễm trong nước thải công nghiệp khi xả vào nguồn tiếp nhận nước thải được tính toán như sau:

$$C_{max} = C \cdot K_q \cdot K_f$$

Trong đó:

-  $C_{max}$  là giá trị tối đa cho phép của thông số ô nhiễm trong nước thải công nghiệp khi xả vào nguồn tiếp nhận nước thải.

-  $C$  là giá trị của thông số ô nhiễm trong nước thải công nghiệp quy định tại bảng 1.2.

-  $K_q$  là hệ số nguồn tiếp nhận nước thải quy định tại bảng 1.3, bảng 1.4 ứng với lưu lượng dòng chảy của sông, suối, khe, rạch, kênh, mương; dung tích của hồ, ao, đầm; mục đích sử dụng của vùng nước biển ven bờ, đầm phá.

-  $K_f$  là hệ số lưu lượng nguồn thải quy định tại bảng 1.5 ứng với tổng lưu lượng nước thải của các cơ sở công nghiệp khi xả vào nguồn tiếp nhận nước thải.

Áp dụng giá trị tối đa cho phép  $C_{max} = C$  (không áp dụng hệ số  $K_q$  và  $K_f$ ) đối với các thông số: nhiệt độ, pH, màu, coliform, tổng hoạt độ phóng xạ  $\alpha$ , tổng hoạt độ phóng xạ  $\beta$ .

Giá trị  $C$  của các thông số ô nhiễm trong nước thải công nghiệp được quy định tại bảng dưới đây:

**Bảng 1.2. Giá trị C của các thông số ô nhiễm trong nước thải công nghiệp**

| TT | Thông số  | Đơn vị         | Giá trị C |         |
|----|---|----------------|-----------|---------|
|    |   |                | A         | B       |
| 1  | Nhiệt độ  | <sup>0</sup> C | 40        | 40      |
| 2  | Ph  | -              | 6 – 9     | 5,5 – 9 |
| 3  | Màu   | Pt/Co          | 50        | 150     |
| 4  | BOD <sub>5</sub> (20 <sup>0</sup> C)                      | mg/l           | 30        | 50      |
| 5  | COD   | mg/l           | 75        | 150     |
| 6  | Chất rắn lơ lửng  | mg/l           | 50        | 100     |
| 7  | Asen  | mg/l           | 0,05      | 0,1     |
| 8  | Thủy ngân   | mg/l           | 0,005     | 0,01    |
| 9  | Chì   | mg/l           | 0,1       | 0,5     |
| 10 | Cadimi  | mg/l           | 0,005     | 0,01    |
| 11 | Crom (VI)   | mg/l           | 0,05      | 0,1     |
| 12 | Crom (III)  | mg/l           | 0,2       | 1       |
| 13 | Đồng  | mg/l           | 2         | 2       |
| 14 | Kẽm   | mg/l           | 3         | 3       |
| 15 | Niken   | mg/l           | 0,2       | 0,5     |
| 16 | Mangan  | mg/l           | 0,5       | 1       |
| 17 | Sắt   | mg/l           | 1         | 5       |
| 18 | Tổng Xianua   | mg/l           | 0,07      | 0,1     |
| 19 | Tổng Phenol   | mg/l           | 0,1       | 0,5     |
| 20 | Tổng dầu mỡ khoáng  | mg/l           | 5         | 10      |
| 21 | Sunfua  | mg/l           | 0,2       | 0,5     |
| 22 | Florua  | mg/l           | 5         | 10      |
| 23 | Amoni (tính theo Nitơ)                                    | mg/l           | 5         | 10      |
| 24 | Tổng Nitơ   | mg/l           | 20        | 40      |
| 25 | Tổng Photpho  | mg/l           | 4         | 6       |
| 26 | Clorua (không áp dụng khi xả vào nguồn nước mặt, nước lợ) | mg/l           | 500       | 1000    |
| 27 | Clo dư  | mg/l           | 1         | 2       |
| 28 | Hoá chất BVTV clo hữu cơ                                  | mg/l           | 0,05      | 0,1     |
| 29 | Hoá chất BVTV photpho hữu cơ                              | mg/l           | 0,3       | 1       |
| 30 | Tổng PCB  | mg/l           | 0,003     | 0,01    |
| 31 | Coliform  | VK/100ml       | 3000      | 5000    |
| 32 | Tổng hoạt độ phóng xạ α                                   | Bq/l           | 0,1       | 0,1     |
| 33 | Tổng hoạt độ phóng xạ β                                   | Bq/l           | 1         | 1       |

Trong đó:

Cột A quy định giá trị C của các thông số ô nhiễm trong nước thải công nghiệp khi xả vào nguồn nước được dùng cho mục đích cấp nước sinh hoạt.

Cột B quy định giá trị C của các thông số ô nhiễm trong nước thải công nghiệp khi xả vào nguồn nước không dùng cho mục đích cấp nước sinh hoạt.

Mục đích sử dụng của nguồn tiếp nhận nước thải được xác định tại khu vực tiếp nhận nước thải.

\* Hệ số  $K_q$  ứng với lưu lượng dòng chảy của sông, suối, kênh, mương, khe, rạch được quy định tại bảng 1.3 dưới đây:

**Bảng 1.3. Hệ số  $K_q$  ứng với lưu lượng dòng chảy của nguồn tiếp nhận nước thải**

| <b>Lưu lượng dòng chảy của nguồn tiếp nhận nước thải (Q)<br/>(<math>m^3/s</math>)</b> | <b>Hệ số <math>K_q</math></b> |
|---|-------------------------------|
| $Q \leq 50$   | 0,9                           |
| $50 < Q \leq 200$   | 1                             |
| $200 < Q \leq 500$  | 1,1                           |
| $Q > 500$   | 1,2                           |

- Q được tính theo giá trị trung bình lưu lượng dòng chảy của nguồn tiếp nhận nước thải vào 03 tháng khô kiệt nhất trong 03 năm liên tiếp (số liệu của cơ quan Khí tượng Thủy văn).

- Khi nguồn tiếp nhận nước thải không có số liệu về lưu lượng dòng chảy của sông, suối, khe, rạch, kênh, mương thì áp dụng  $K_q = 0,9$

\* Hệ số  $K_q$  ứng với dung tích của nguồn tiếp nhận nước thải là hồ, ao, đầm được quy định tại bảng 1.4 dưới đây:

**Bảng 1.4. Hệ số  $K_q$  ứng với dung tích nguồn tiếp nhận nước thải**

| Dung tích nguồn tiếp nhận nước thải ( $V - m^3$ ) | Hệ số $K_q$ |
|---|-------------|
| $V \leq 10 \cdot 10^6$                            | 0,6         |
| $10 \times 10^6 < V \leq 100 \cdot 10^6$          | 0,8         |
| $V > 100 \cdot 10^6$                              | 1,0         |

-  $V$  được tính theo giá trị trung bình dung tích của hồ, ao, đầm tiếp nhận nước thải 03 tháng khô kiệt nhất trong 03 năm liên tiếp (số liệu của cơ quan Khí tượng Thủy văn).

- Khi nguồn tiếp nhận nước thải hồ, ao, đầm không có số liệu về dung tích thì áp dụng  $K_q = 0,6$ .

\* Hệ số  $K_q$  đối với nguồn tiếp nhận nước thải là vùng nước biển ven bờ, đầm, phá nước mặn và nước lợ ven biển.

- Vùng nước biển ven bờ dùng cho mục đích bảo vệ thủy sinh, thể thao hoặc giải trí dưới nước, đầm phá nước mặn và nước lợ ven biển áp dụng  $K_q = 1$ .

- Vùng nước biển ven bờ không dùng cho mục đích bảo vệ thủy sinh, thể thao hoặc giải trí dưới nước áp dụng  $K_q = 1,3$ .

\* Hệ số lưu lượng nguồn thải  $K_f$  được quy định tại bảng dưới đây:

**Bảng 1.5. Hệ số lưu lượng nguồn thải  $K_f$**

| Lưu lượng nguồn thải ( $F$ )<br>( $m^3/24h$ ) | Hệ số $K_f$ |
|---|-------------|
| $F \leq 50$                                   | 1,2         |
| $50 < F \leq 500$                             | 1,1         |
| $500 < F \leq 5000$                           | 1,0         |
| $F > 5000$                                    | 0,9         |

\* Lưu lượng nguồn thải F được tính theo lưu lượng thải lớn nhất nêu trong Báo cáo đánh giá tác động môi trường, Cam kết bảo vệ môi trường hoặc Đề án bảo vệ môi trường.

## **I.2. Ảnh hưởng của kim loại nặng đến môi trường và sức khỏe con người**

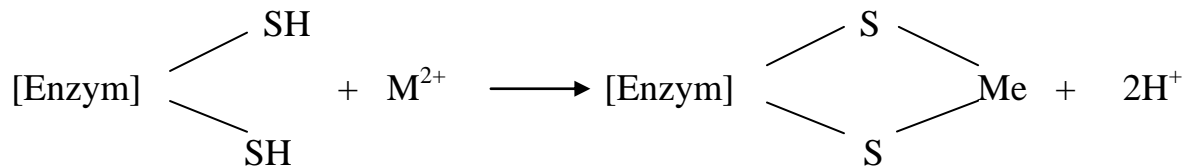
### ***I.2.1. Tác dụng sinh hóa của kim loại nặng đối với con người và môi trường***

Hầu hết các kim loại nặng tồn tại trong nước ở dạng ion, phát sinh do các hoạt động của con người chủ yếu do hoạt động công nghiệp. Độc tính của kim loại nặng đối với sức khỏe con người và động vật đặc biệt nghiêm trọng do sự tồn tại lâu dài và bền vững của nó trong môi trường. Ví dụ: chì là một kim loại có khả năng tồn tại trong nước khá lâu, ước tính nó được giữ lại trong môi trường với khoảng thời gian 150 - 5000 năm và có thể duy trì ở nồng độ cao trong 150 năm sau khi bón bùn cho đất. Chu trình phân rã sinh học trung bình của Cadimi được ước tính khoảng 18 năm và khoảng 10 năm trong cơ thể con người.

Một nguyên nhân khác khiến cho kim loại nặng hết sức độc hại là do chúng có thể chuyển hóa và tích lũy trong cơ thể con người hay động vật thông qua chuỗi thức ăn của hệ sinh thái. Quá trình này bắt đầu với nồng độ thấp của các kim loại nặng tồn tại trong nước hoặc trong cặn lắng rồi sau đó được tích lũy nhanh chóng trong các loài thực vật hay động vật sống dưới nước hoặc trong cặn lắng rồi luân chuyển dần qua các mắt xích của chuỗi thức ăn và cuối cùng đến sinh vật bậc cao thì nồng độ kim loại nặng đã đủ lớn để gây ra độc hại như phân hủy AND, gây ung thư ...

Các kim loại nặng ở hàm lượng nhỏ là những nguyên tố vi lượng hết sức cần thiết cho cơ thể người và sinh vật. Chúng tham gia cấu thành nên các enzym, các vitamin, đóng vai trò quan trọng trong trao đổi chất... Ví dụ: một lượng nhỏ đồng rất cần thiết cho động vật và thực vật. Người lớn mỗi ngày cần khoảng 2mg đồng (đồng là thành phần quan trọng của các enzym như oxidaza, tirozinaza, uriaza, citorom và galactosa) nhưng khi hàm lượng kim loại vượt quá ngưỡng quy định sẽ gây ra những tác động xấu như nhiễm độc mãn tính thậm chí ngộ độc cấp tính dẫn tới tử vong.

Về mặt sinh hóa các kim loại nặng có ái lực lớn với các nhóm –SH – và nhóm –SCH<sub>3</sub> – của các enzym trong cơ thể. Vì thế các enzym bị mất hoạt tính làm cản trở quá trình tổng hợp protein của cơ thể [1].



### ***1.2.2. Ảnh hưởng của Đồng***

#### ***1.2.2.1. Tính chất và sự phân bố của đồng trong môi trường***

Đồng là kim loại được biết đến từ thời kỳ tiền sử và được thừa nhận là một trong những kim loại hữu ích cho con người. Đồng có hàm lượng khoảng 0,007% khối lượng vỏ trái đất. Đồng cũng là một kim loại có màu vàng ánh đỏ, có độ dẫn điện và độ dẫn nhiệt cao (so với kim loại nguyên chất ở nhiệt độ phòng chỉ có bạc có độ dẫn nhiệt cao hơn). Đồng có lẽ là kim loại được con người sử dụng sớm nhất do các đồ đồng có niên đại khoảng năm 8700 trước công nguyên đã được tìm thấy. Ngoài việc tìm thấy đồng trong các loại quặng khác nhau, người ta còn thấy đồng ở dạng kim loại ở một số nơi.

Trong tự nhiên đồng tồn tại dưới dạng khoáng vật sunfua hay dạng oxy hóa (oxit, cacbonat) đôi khi ở dạng kim loại. Trong đất hàm lượng đồng có giá trị từ 2 - 100mg/kg, tại một số vùng đất trồng nho và cà chua do sử dụng chất bảo vệ thực vật hàm lượng đồng trong đất có thể đạt 600mg/kg.

Khoảng 50% lượng đồng dùng trong công nghiệp điện, điện tử và khoảng 40% dùng để chế tạo hợp kim. Một số hợp chất của đồng được dùng để làm chất màu trang trí, chất liệu trừ nấm mốc, làm xúc tác.

Trong nước sinh hoạt đồng có nguồn gốc từ đường ống dẫn thiết bị nội thất, nồng độ của nó có thể đạt tới vài mg/l nếu nước tiếp xúc lâu với các thiết bị đồng.

Trong tự nhiên, đồng tồn tại ở hai trạng thái hóa trị +1 và +2 thường với nồng độ vài mg/l, trong nước biển 1 - 5 mg/l. Đồng tích tụ trong các hạt sa lắng và phân bố lại vào môi trường nước ở dạng phức chất với các hợp chất hữu cơ tự nhiên tồn tại trong nước.

Đồng là nguyên tố cần thiết cho các loài động thực vật bậc cao. Đồng được tìm thấy trong một số loại enzym, bao gồm nhân đồng của cytochrom oxidas, enzym chứa Cu - Zn superoxid dismutas và nó là kim loại trung tâm của chất chuyên chở oxy hemocyanin. Đồng được vận chuyển chủ yếu trong máu bởi protein trong huyết tương là ceruloplasmin. Đồng được hấp thụ trong ruột non và được vận chuyển tới gan bằng liên kết với albumin (lòng trắng trứng).

#### *1.2.2.2. Độc tính của đồng*

Đồng có thể xâm nhập vào cơ thể con người qua con đường ăn uống, qua hít thở không khí, qua da. Khi lượng đồng trong cơ thể bị dư thừa thì có thể gây triệu chứng như buồn nôn, nôn mửa, nặng hơn có thể gây phá hủy gan, thận, thậm chí có thể gây tử vong [11].

Một bệnh gọi là bệnh Wilson sinh ra bởi các cơ thể mà đồng bị giữ lại và không được tiết ra bởi gan vào trong mật. Căn bệnh này nếu không được điều trị có thể dẫn tới các tổn thương não và gan. Các nghiên cứu cũng cho thấy một số người mắc bệnh về thần kinh như bệnh schizophrenia có nồng độ đồng trong cơ thể cao hơn so với người bình thường.

Mọi hợp chất của đồng là những chất độc. Đồng kim loại ở dạng bột là một chất dễ cháy, 30g sulfat đồng khi xâm nhập vào cơ thể con người có khả năng gây chết người. Đồng trong nước với nồng độ lớn hơn 1mg/l có thể tạo vết bẩn trên quần áo hay các đồ vật được giặt giữ trong nước đó.

Với cá, khi hàm lượng Cu là 0,002mg/l đã có 50% cá thí nghiệm bị chết. Với vi khuẩn lam khi hàm lượng Cu là 0,01mg/l làm chúng chết. Với thực vật khi hàm lượng



Cu là 0,1mg/l đã gây độc, khi hàm lượng Cu là 0,17 - 0,2 mg/l gây độc cho củ cải đường, cà chua, đại mạch.

### **I.3. Một số phương pháp xác định kim loại nặng trong nước**

#### ***I.3.1. Phương pháp phân tích trắc quang [5]***

Nguyên tắc chung của phương pháp: Muốn xác định cấu tử X nào đó ta chuyển nó thành hợp chất có khả năng hấp phụ ánh sáng, rồi đo sự hấp phụ ánh sáng của nó và suy ra chất cần xác định X.

Những hợp chất có chiều dày đồng nhất trong những điều kiện khác nhau luôn hấp thụ một tỷ lệ bằng nhau của chùm ánh sáng chiếu vào những hợp chất đó.

Cơ sở của phương pháp tuân theo định luật hấp phụ ánh sáng Bouguer – Lambert - Beer:

$$I_t = I_0 \cdot e^{-kI}$$

Trong đó I: Chiều dày hấp phụ

k: Hệ số tắt, hệ số này chỉ phụ thuộc vào bản chất chất tan và bước sóng ánh sáng chiếu vào dung dịch. Vì vậy phổ hấp phụ cũng là đặc trưng điển hình của các hợp chất màu.

#### ***I.3.2. Phương pháp phổ hấp thụ nguyên tử [5]***

Nguyên tắc: Khi các nguyên tử tồn tại ở trạng thái khí và trên mức năng lượng cơ bản, nếu chiếu vào đám hơi đó một chùm sáng chứa các tia phát xạ đặc trưng của nguyên tử đó thì nó sẽ hấp thụ nguyên tử của kim loại đó. Trong những điều kiện nhất định tồn tại một mối quan hệ giữa cường độ của vạch hấp thụ và nồng độ của nguyên tố trong mẫu theo biểu thức sau:

$$I = K \cdot C^b$$

Trong đó:

I: Cường độ vạch hấp thụ nguyên tử

K: Hằng số thực nghiệm

C: Nồng độ của nguyên tố cần phân tích trong mẫu

b: Hằng số nằm trong vùng giá trị  $0 < b \leq 1$

Với mỗi vạch phổ hấp phụ luôn tìm thấy được một nồng độ  $C_0$  của nguyên tố phân tích, và nếu:

+  $C_x < C_0$  thì luôn có  $b = 1$

+  $C_x > C_0$  thì luôn có  $b < 1$  thì quan hệ giữa I và C là tuyến tính. Còn nếu  $b \neq 1$  thì quan hệ đó không tuyến tính [5].

Công thức nêu trên là phương trình cơ sở của phép đo định lượng xác định kim loại theo phổ hấp phụ nguyên tử của chúng.

### ***1.3.3. Phương pháp phân tích cực phổ***

Nguyên tắc: Phương pháp này dựa vào việc phân cực nồng độ sinh ra trong quá trình điện phân trên điện cực có bề mặt nhỏ. Dựa vào đường cong có sự phụ thuộc của cường độ dòng biến đổi trong quá trình điện phân với thế đặt vào, có thể xác định định tính và định lượng chất cần phân tích với độ chính xác cao [5].

Để đảm bảo cho độ chính xác cao người ta thường dùng catot với giọt thủy ngân. Cường độ dòng khuếch tán phụ thuộc vào nồng độ được biểu diễn theo phương trình Incivich:

$$I = 0,627 \cdot n \cdot F \cdot D^{1/2} \cdot m^{2/3} \cdot t^{1/6} \cdot C$$

Trong đó I: Cường độ dòng điện

n: Số electron mà ion nhận khi bị khử

F: Hằng số Faraday

D: hệ số khuếch tán của ion

m: Khối lượng thủy ngân chảy trong mao quản trong 1s

t: Chu kỳ rơi giọt thủy ngân

C: Nồng độ ion cần xác định

## **I.4. Các phương pháp xử lý nguồn nước bị ô nhiễm bởi các kim loại nặng**

### ***I.4.1. Phương pháp kết tủa***

Đây là phương pháp thông dụng để xử lý nước thải chứa KLN kết hợp với đông keo tụ. Phương pháp này dựa trên phản ứng hóa học giữa chất đưa vào nước thải với kim loại cần tách, ở độ pH thích hợp sẽ tạo thành hợp chất kết tủa và được tách ra khỏi nước thải bằng phương pháp lắng [9].

Đối với phương pháp kết tủa, độ pH của dung dịch đóng vai trò rất quan trọng vì độ hòa tan của kim loại trong dung dịch phụ thuộc pH. Ở một giá trị pH nhất định của dung dịch, nồng độ kim loại vượt quá nồng độ bão hòa thì sẽ bị kết tủa. Để điều chỉnh pH, các hóa chất thường dùng là sữa vôi, soda và xút. Khi xử lý nước thải chứa kim loại cần chọn tác nhân trung hòa và điều chỉnh pH thích hợp.

### ***I.4.2. Phương pháp trao đổi ion.***

Phương pháp trao đổi ion được ứng dụng để làm sạch nước thải khỏi kim loại nặng như: Zn, Cu, Cr, Ni, Pb, Hg, Cd, Mn ... [9]. Phương pháp này cho phép thu hồi các chất có giá trị và đạt mức độ làm sạch cao. Nhựa trao đổi ion có thể tổng hợp từ các chất vô cơ hay hữu cơ có gắn các nhóm như:  $-SO_3H$ ,  $-COOH$ , amin... Các cation và anion được hấp phụ trên bề mặt nhựa trao đổi ion.



Khi nhựa trao đổi ion đã bão hòa, người ta khôi phục lại cationit và anionit bằng dung dịch axit loãng hoặc bazơ loãng.

### ***I.4.3. Phương pháp điện hóa***

Dựa trên cơ sở của quá trình oxy hóa khử để tách kim loại trên các điện cực nhúng trong nước thải chứa kim loại khi cho dòng điện chạy qua [9]. Bằng phương pháp này cho phép tách các ion kim loại ra khỏi nước thải, không bổ sung hóa chất, song thích hợp với nước thải có nồng độ kim loại cao (trên 1g/l), chi phí điện năng khá lớn.

#### ***1.4.4. Phương pháp oxy hóa khử***

Để làm sạch nước thải người ta có thể sử dụng pemanganat Kali,  $H_2O_2$ , oxy trong không khí, ozon,  $MnO_2$  ... Trong quá trình oxy hóa, các chất độc hại trong nước thải được chuyển thành các chất ít độc hơn và tách ra khỏi nước [9]. Quá trình này tiêu tốn một lượng lớn các tác nhân hóa học, do đó quá trình oxy hóa chỉ được dùng trong những trường hợp khi các tạp chất gây nhiễm bẩn trong nước thải không thể bị tách bằng phương pháp khác.

Phương pháp làm sạch nước thải bằng quá trình khử được ứng dụng trong các trường hợp khi nước thải chứa các chất bị khử. Phương pháp này được dùng rộng rãi để tách các hợp chất thủy ngân, crom, Asen ... ra khỏi nước thải.

#### ***1.4.5. Phương pháp sinh học***

Một số loài thực vật, vi sinh vật trong nước sử dụng kim loại như chất vi lượng trong quá trình phát triển sinh khối như bèo tây, bèo tở ong, tảo ... [9]. Với phương pháp này, nước thải có nồng độ KLN nhỏ hơn 60 mg/l và bổ sung đủ chất dinh dưỡng (nitơ, photpho), các nguyên tố vi lượng cần thiết khác cho sự phát triển của các loài thực vật như rong tảo. Phương pháp này cần diện tích lớn và nếu nước thải có lẫn nhiều kim loại thì hiệu quả xử lý kém.

#### ***1.4.6. Phương pháp hấp phụ***

##### ***1.4.6.1. Khái niệm***

Hấp phụ là phương pháp tách chất, trong đó các cấu tử từ hỗn hợp lỏng hoặc khí hấp phụ trên bề mặt chất rắn xốp.

- Chất hấp phụ là chất có bề mặt trên đó xảy ra sự hấp phụ.
- Chất bị hấp phụ là chất được tích lũy trên bề mặt chất hấp phụ.
- Pha mang là hỗn hợp tiếp xúc với chất hấp phụ.

Quá trình giải hấp là quá trình đẩy chất bị hấp phụ ra khỏi bề mặt chất hấp phụ. Khi quá trình hấp phụ đạt trạng thái cân bằng thì tốc độ hấp phụ bằng tốc độ giải hấp.

Tùy theo bản chất của lực tương tác giữa chất hấp phụ và chất bị hấp phụ mà người ta chia ra hấp phụ vật lý và hấp phụ hóa học.

Hấp phụ vật lý gây nên bởi lực Vanderwalls, liên kết này yếu dễ bị phá vỡ.

Hấp phụ hóa học tạo thành lực liên kết hóa học giữa bề mặt chất hấp phụ và phân tử chất bị hấp phụ, liên kết này tương đối bền và khó bị phá vỡ.

Thông thường, trong quá trình hấp phụ sẽ xảy ra đồng thời cả hai quá trình hấp phụ vật lý và hấp phụ hóa học. Trong đó, hấp phụ hóa học được coi là trung gian giữa hấp phụ vật lý và phản ứng hóa học [8] [9].

Cân bằng hấp phụ: quá trình chất khí hoặc chất lỏng hấp phụ trên bề mặt chất hấp phụ là một quá trình thuận nghịch. Các phân tử chất bị hấp phụ khi đã hấp phụ trên bề mặt chất hấp phụ là một quá trình thuận nghịch. Các phân tử chất bị hấp phụ khi đã hấp phụ trên bề mặt chất hấp phụ vẫn có thể di chuyển 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, tốc độ hấp phụ bằng tốc độ di chuyển ngược lại pha mang (giải hấp) thì quá trình hấp phụ đạt cân bằng [4] [9].

Tải trọng hấp phụ cân bằng: biểu thị khối lượng chất bị hấp phụ trên một đơn vị khối lượng chất hấp phụ tại trạng thái cân bằng dưới các điều kiện nồng độ và nhiệt độ cho trước [9].

Tải trọng hấp phụ bão hòa: là tải trọng nằm ở trạng thái cân bằng dưới các điều kiện của hỗn hợp khí, hơi bão hòa.

$$q = \frac{C_i - C_f}{m} \cdot V$$

Trong đó  $V$  : Thể tích dung dịch (l)

$m$  : Khối lượng chất hấp phụ (g)

$C_i$  : Nồng độ dung dịch ban đầu (mg/l)

$C_f$  : Nồng độ dung dịch khi đạt cân bằng hấp phụ (mg/l)

Hiệu suất hấp phụ: là tỉ số giữa nồng độ dung dịch bị hấp phụ và nồng độ dung dịch ban đầu.

$$H = \frac{C_i - C_f}{C_i} \cdot 100$$

#### *I.4.6.2. Động học của quá trình hấp phụ*

Quá trình hấp phụ từ pha lỏng trên bề mặt của chất hấp phụ gồm 3 giai đoạn:

- Chuyển chất từ pha lỏng đến bề mặt ngoài của chất hấp phụ: Chất hấp phụ trong pha lỏng sẽ được chuyển dần đến bề mặt của hạt hấp phụ nhờ lực đối lưu. Ở gần bề mặt hạt luôn có lớp màng giới hạn làm cho sự truyền chất và nhiệt bị chậm lại.

- Khuếch tán vào các mao quản của hạt: Sự chuyển chất từ bề mặt ngoài của chất hấp phụ vào bên trong diễn ra phức tạp. Với các mao quản đường kính lớn hơn quãng đường tự do trung bình của phân tử thì diễn ra khuếch tán phân tử. Với các mao quản nhỏ hơn thì khuếch tán Knudsen chiếm ưu thế. Cùng với chúng còn có cơ chế khuếch tán bề mặt, các phân tử di chuyển từ bề mặt mao quản vào trong lòng hạt, đôi khi giống như chuyển động trong lớp màng (lớp giới hạn).

- Hấp phụ: Là bước cuối cùng diễn ra do tương tác của bề mặt chất hấp phụ và chất bị hấp phụ. Lực tương tác này là các lực vật lý khác nhau tạo nên một tập hợp bao gồm các phân tử nằm trên bề mặt, như một lớp màng chất lỏng tạo nên trở lực chủ yếu cho giai đoạn hấp phụ, quá trình hấp phụ làm bão hòa dần từng phần không gian hấp phụ, đồng thời làm giảm độ tự do của các phân tử bị hấp phụ nên luôn kèm theo sự tỏa nhiệt [9].

#### *I.4.6.3. Các mô hình cơ bản của quá trình hấp phụ*

\* Mô hình động học hấp phụ.

Sự tích tụ chất bị hấp phụ trên bề mặt vật rắn gồm 2 quá trình: khuếch tán các phân tử chất bị hấp phụ từ pha mang đến bề mặt vật rắn (khuếch tán ngoài) và khuếch tán vào trong lỗ xốp (khuếch tán trong). Như vậy, lượng chất bị hấp phụ trên bề mặt

vật rắn sẽ phụ thuộc vào hai quá trình khuếch tán. Tải trọng hấp phụ sẽ thay đổi theo thời gian cho đến khi quá trình hấp phụ đạt cân bằng [2].

Gọi tốc độ hấp phụ là biến thiên độ hấp phụ theo thời gian, ta có:

$$r = \frac{dx}{dt}$$

Khi tốc độ hấp phụ phụ thuộc bậc nhất vào sự biến thiên nồng độ theo thời gian thì:

$$r = \frac{dx}{dt} = \beta \cdot (C_i - C_f) = k \cdot (q_{max} - q)$$

Trong đó

- $\beta$  : Hệ số chuyển khối.
- $C_i$ : Nồng độ chất bị hấp phụ trong pha mang tại thời điểm ban đầu
- $C_f$ : Nồng độ chất bị hấp phụ trong pha mang tại thời điểm t.
- k : Hằng số tốc độ hấp phụ.
- q : Tải trọng hấp phụ tại thời điểm t.
- $q_{max}$  : Tải trọng hấp phụ cực đại.

\* Các mô hình hấp phụ đẳng nhiệt

Đường đẳng nhiệt hấp phụ là đường mô tả sự phụ thuộc giữa tải trọng hấp phụ tại một thời điểm vào nồng độ cân bằng của chất hấp phụ trong dung dịch hay áp suất riêng phần trong pha khí tại thời điểm đó. Các đường đẳng nhiệt hấp phụ có thể xây dựng tại một nhiệt độ nào đó bằng cách cho một lượng xác định chất hấp phụ vào một lượng cho trước dung dịch có nồng độ đã biết của chất bị hấp phụ. Sau một thời gian, xác định nồng độ cân bằng của chất bị hấp phụ trong dung dịch [4] [9].

Lượng chất bị hấp phụ được tính theo công thức:

$$m = (C_i - C_f) \cdot V$$

Trong đó m : Khối lượng chất bị hấp phụ.

$C_i$ : Nồng độ dung dịch ban đầu (mg/l)

$C_f$ : Nồng độ dung dịch khi đạt cân bằng hấp phụ (mg/l)

$V$  : Thể tích dung dịch (l)

Mô hình hấp phụ đẳng nhiệt Langmuir

Mô tả quá trình hấp phụ một lớp đơn phân tử trên bề mặt vật rắn [7]. Phương trình Langmuir được thiết lập trên các giả thiết sau:

- Các phân tử chất hấp phụ đơn lớp trên bề mặt chất hấp phụ.
- Sự hấp phụ là chọn lọc.
- Các phân tử chất hấp phụ độc lập, không tương tác qua lại với nhau.
- Bề mặt chất hấp phụ đồng nhất về mặt năng lượng tức là sự hấp phụ xảy ra trên bất kì chỗ nào thì nhiệt độ hấp phụ cũng là một giá trị không thay đổi trên bề mặt chất hấp phụ không có các trung tâm hoạt động.
- Giữa các phân tử trên lớp bề mặt và bên trong lớp thể tích có cân bằng động học, tức là ở trạng thái cân bằng tốc độ hấp phụ bằng tốc độ giải hấp.

Phương trình hấp phụ đẳng nhiệt Langmuir:

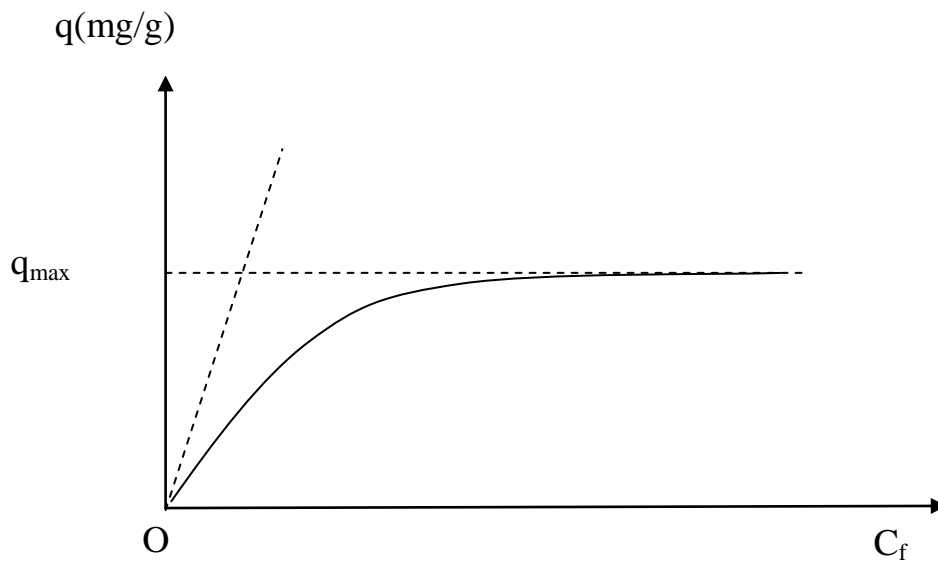
$$q = q_{max} \cdot \frac{b \cdot C_f}{1 + b \cdot C_f}$$

Trong đó

- $C_f$ : Nồng độ chất bị hấp phụ trong pha mang tại thời điểm  $t$ .
- $q$ : Tải trọng hấp phụ tại thời điểm  $t$ .
- $q_{max}$  : Tải trọng hấp phụ cực đại.
- $b$ : Hằng số chỉ ra các ái lực của vị trí liên kết trên bề mặt chất hấp phụ (l/mg)

Khi  $b \cdot C_f \ll 1$  thì  $q = q_{max} \cdot b \cdot C_f$  mô tả vùng hấp phụ nằm giữa hai giới hạn trên thì đường đẳng nhiệt biểu diễn là một đoạn cong như hình 1.1 dưới đây:



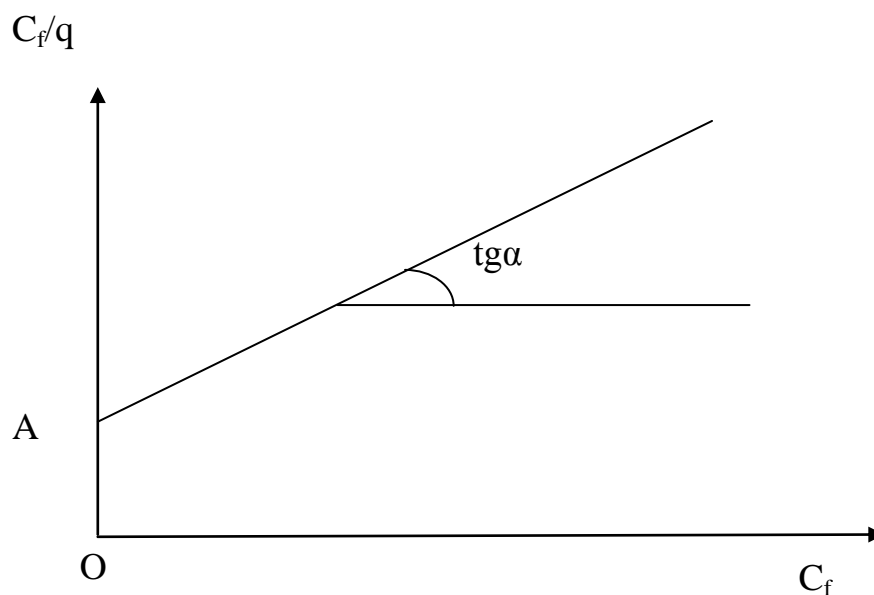


**Hình 1.1. Đường hấp phụ đẳng nhiệt Langmuir**

Để xác định các hằng số trong phương trình hấp phụ đẳng nhiệt có thể sử dụng phương pháp đồ thị bằng cách đưa phương trình trên về phương trình đường thẳng:

$$\frac{C_f}{q} = \frac{1}{q_{max}} \cdot C_f + \frac{1}{q_{max} \cdot b}$$

Xây dựng đồ thị sự phụ thuộc  $C_f/q$  vào  $C_f$  sẽ xác định được các hằng số trong phương trình:  $b, q_{max}$



**Hình 1.2. Sự phụ thuộc của  $C_f/q$  vào  $C_f$**

$$OA = \frac{1}{b \cdot q_{max}}$$

$$tg\alpha = \frac{1}{q_{max}}$$

### Phương trình hấp phụ đẳng nhiệt Freundlich

Đây là phương trình thực nghiệm có thể sử dụng để mô tả nhiều hệ hấp phụ hóa học hay vật lý [7].

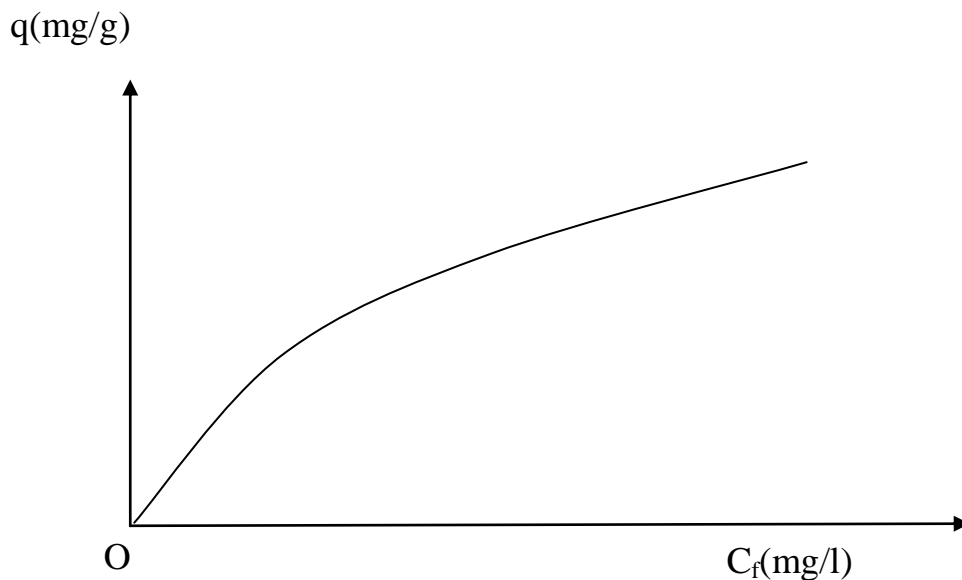
Phương trình này được biểu diễn bằng một hàm mũ:

$$q = k \cdot C^{1/n}$$

Trong đó:

- k: Hằng số phụ thuộc vào nhiệt độ, diện tích bề mặt và các yếu tố khác.
- n: Hằng số phụ thuộc vào nhiệt độ và luôn lớn hơn 1.

Phương trình Freundlich khá sát thực số liệu thực nghiệm cho vùng ban đầu và vùng giữa của vùng hấp phụ đẳng nhiệt.

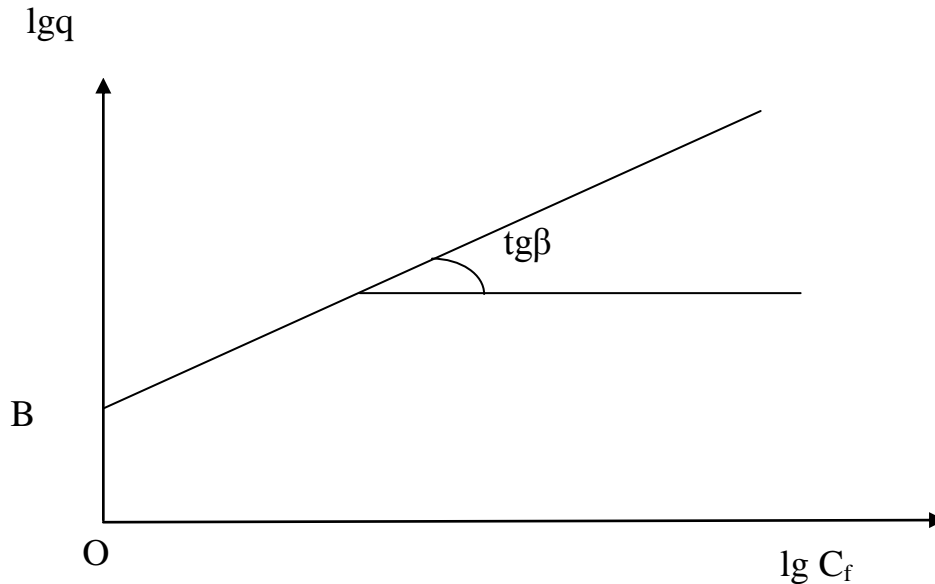


**Hình 1.3. Đường hấp phụ đẳng nhiệt Freundlich**

Để xác định các hằng số, đưa phương trình trên về dạng đường thẳng:

$$\lg q = \lg k + \frac{1}{n} \lg C_f$$

Xây dựng đồ thị sự phụ thuộc  $\lg q$  vào  $\lg C_f$  sẽ xác định được các giá trị  $k$ ,  $n$ .



**Hình 1.4. Sự phụ thuộc  $\lg q$  vào  $\lg C$**

$$\operatorname{tg} \beta = 1/n$$

$$OB = \lg k$$

#### 1.4.6.4. Một số yếu tố ảnh hưởng đến quá trình hấp phụ và giải hấp

##### \* Ảnh hưởng của dung môi

Hấp phụ trong dung dịch là hấp phụ cạnh tranh nghĩa là khi chất tan bị hấp phụ càng mạnh thì dung môi bị hấp phụ càng yếu. Dung môi có sức căng bề mặt càng lớn thì chất tan càng dễ bị hấp phụ. Chất tan trong dung môi nước bị hấp phụ tốt hơn so với trong dung môi hữu cơ [9].

##### \* Tính chất của chất hấp phụ và chất bị hấp phụ

Thông thường các chất phân cực dễ hấp phụ lên bề mặt phân cực và các chất không phân cực dễ hấp phụ lên bề mặt không phân cực. Ngoài ra, độ xốp của chất hấp

phụ cũng ảnh hưởng đến khả năng hấp phụ. Khi giảm kích thước mao quản trong chất hấp phụ xốp thì sự hấp phụ dung dịch thường tăng lên, nhưng đến giới hạn nào đó khi kích thước mao quản quá nhỏ sẽ cản trở việc đi vào của chất bị hấp phụ.

*\* Ảnh hưởng của nhiệt độ*

Khi nhiệt độ tăng sự hấp phụ trong dung dịch giảm. Tuy nhiên đối với những cấu tử tan hạn chế, khi tăng nhiệt độ, độ tan tăng làm cho nồng độ của nó trong dung dịch tăng lên, do vậy khả năng hấp phụ có thể tăng lên.

Bên cạnh đó còn phụ thuộc một số yếu tố khác như sự thay đổi pH của dung dịch, bề mặt riêng của chất bị hấp phụ.

*1.4.6.5. Quá trình hấp phụ động trên cột*

Cột hấp phụ là một ống bên trong được nhồi chất hấp phụ, ống này được cố định.

Khi cho một dòng khí hoặc chất lỏng đi qua cột hấp phụ thì sau một thời gian cột hấp phụ được chia thành 3 vùng:

- Vùng 1 (ứng với đầu vào của cột): Chất hấp phụ đã bão hòa và đang ở trạng thái cân bằng. Nồng độ của chất hấp phụ đúng bằng nồng độ ở lối vào.

- Vùng 2: là vùng chuyển tiếp, tại đây nồng độ chất bị hấp phụ thay đổi từ nồng độ đầu đến giá trị 0, vùng này gọi là vùng chuyển khối (là vùng pha lỏng hay pha khí vận chuyển lên bề mặt chất hấp phụ).

- Vùng 3 (đầu ra của cột): Tại đây sự hấp phụ chưa xảy ra, nồng độ chất hấp phụ bằng không.

Theo thời gian, vùng hấp phụ dịch chuyển dần theo chiều dài cột hấp phụ. Khi đỉnh của vùng chuyển khối chạm đến cuối cột thì bắt đầu xuất hiện chất bị hấp phụ ở lối ra. Tại thời điểm này, cần dừng hấp phụ để nồng độ chất bị hấp phụ ở lối ra không vượt quá tiêu chuẩn cho phép. Cột hấp phụ sau đó được giải hấp để thực hiện quá trình hấp phụ tiếp theo. Nếu tiếp tục cho dòng chất cần xử lý qua cột thì nồng độ chất hấp phụ ở lối ra sẽ tăng dần cho tới khi đạt nồng độ ở lối vào.

Chiều dài của vùng chuyển khối là một yếu tố quan trọng trong việc nghiên cứu quá trình hấp phụ động trên cột. Tỷ lệ chiều dài cột hấp phụ với chiều dài vùng chuyển khối giảm thì khả năng hấp phụ của cột cho một chu trình cũng giảm theo và lượng chất hấp phụ cần thiết cho một quá trình phải tăng lên.

Các yếu tố làm ảnh hưởng đến chiều dài vùng chuyển khối và cách làm hạn chế hiệu ứng của chúng được thể hiện ở bảng sau:

**Bảng 1.6. Các yếu tố ảnh hưởng đến chiều dài vùng chuyển khối và cách làm hạn chế hiệu ứng của chúng**

| <b>STT</b> | <b>Tác nhân</b>                                     | <b>Cách hạn chế</b>  |
|------------|---|--|
| 1          | Tốc độ khuếch tán hạn chế bên trong phần tử hấp phụ | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Giảm khuếch tán bên trong hạt bằng cách giảm cỡ hạt.</li> <li>- Sử dụng vật liệu hấp phụ có mạng lưới lỗ xốp dễ khuếch tán.</li> </ul>                        |
| 2          | Sự giới hạn về diện tích của chất hấp phụ           | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Giảm cỡ hạt để tăng diện tích trên một đơn vị diện tích chất hấp phụ.</li> <li>- Sử dụng các hạt có diện tích bề mặt lớn trên một đơn vị thể tích.</li> </ul> |
| 3          | Tốc độ của dòng phân bố không đều khi chạy qua cột  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Giảm thiểu các lỗ trống vì đó là nguyên nhân gây nên dòng không đều trong cột.</li> <li>- Điều khiển dòng cố định ở lõi ra và lõi vào cột.</li> </ul>         |

**I.5. Giới thiệu về võ lọc và một số vật liệu hấp phụ thường được sử dụng**

**I.5.1. Một số vật liệu hấp phụ thường được sử dụng**

Phương pháp hấp phụ được sử dụng rộng rãi trong xử lý nước thải công nghiệp vì nó cho phép tách loại đồng thời nhiều chất bẩn (bao gồm cả chất vô cơ và hữu cơ) từ một nguồn nước ô nhiễm và tách loại tốt ngay khi chúng ở nồng độ thấp.

Bên cạnh đó, sử dụng phương pháp hấp phụ còn tỏ ra có nhiều ưu thế hơn các phương pháp khác và giá thành xử lý thấp. Vật liệu hấp phụ có thể chế tạo từ nhiều nguồn nguyên liệu khác nhau, theo những phương pháp khác nhau, đặc biệt nó có thể chế tạo bằng cách biến tính các chất thải gây ô nhiễm môi trường như tro bay, than bùn hay các phế thải công nghiệp như vỏ trấu, vỏ đậu, bã mía, lõi ngô, vỏ dừa... Điều này rất có ý nghĩa khi đem chất có khả năng gây ô nhiễm môi trường để xử lý ô nhiễm môi trường. Các loại vật liệu hấp phụ thường sử dụng có thể kể đến một số nhóm chất sau:

#### *1.5.1.1. Nhóm khoáng tự nhiên*

##### *\* Diatomit*

Là một loại khoáng vật tự nhiên có thành phần chủ yếu là  $\text{SiO}_2$  ngoài ra còn có  $\text{Al}_2\text{O}_3$  cùng một số oxit khác với hàm lượng nhỏ hơn. Diatomit là một loại khoáng có cấu trúc xốp, thường ở trạng thái phân tán cao. Do có độ xốp lớn nên diatomit có thể được sử dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực khác nhau như vật liệu cách điện, cách âm, bê tông nhẹ, dung dịch khoan. Khi diatomit chứa không ít hơn 90%  $\text{SiO}_2$ , không quá 2%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , 3% các hợp chất hữu cơ và có độ ẩm khoảng trên 2% thì nó được sử dụng làm chất trợ lắng, trợ lọc và làm trong nước, làm giảm độ cứng của nước sinh hoạt, dùng để loại bỏ chất phóng xạ trong nước thải.

##### *\* Khoáng bentonit*

Bentonit là khoáng sét phi kim thuộc loại aluminosilicat, thành phần hoá học có thể viết là  $\text{Si}_8(\text{Al}_x\text{M}_y)\text{O}_{20}$  trong đó M là Ca, Mg, Na. Có hai loại bentonit là bentonit kiềm (Na, K) và bentonit kiềm thổ (Mg, Ca). Nhìn chung, bentonit xử lý hiệu quả đối với nước thải chứa chất không tan như các chất hữu cơ, dầu, vi sinh vật. Để xử lý các muối tan chứa các ion kim loại, người ta sử dụng bentonit đã hoạt hoá biến tính.

#### *1.5.1.2. Nhóm nguyên liệu tự nhiên và phế thải nông nghiệp [12]*

##### *\* Lõi ngô*

Nhóm nghiên cứu của trường đại học North Carolina (Hoa Kỳ) đã tiến hành nghiên cứu và đề xuất quy trình xử lý lõi ngô bằng dung dịch NaOH và H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> để chế tạo vật liệu hấp phụ kim loại nặng. Hiệu quả xử lý của vật liệu hấp phụ tương đối cao. Dung lượng hấp phụ cực đại của hai kim loại nặng Cu và Cd lần lượt là 0,39mmol/g và 0,62mmol/g vật liệu.

*\* Vỏ đậu tương*

Có khả năng hấp phụ tốt đối với nhiều kim loại nặng như đồng, kẽm và cả các hợp chất hữu cơ. Trong sự so sánh với một số vật liệu tự nhiên khác (bã mía, vỏ trấu), vỏ đậu thể hiện tiềm năng hấp phụ cao hơn hẳn đặc biệt với các ion kim loại nặng. Vỏ đậu sau khi được xử lý với NaOH và lưới hoá bằng axit citric, một gam vật liệu có thể tách loại tới 1,7 mmol đồng (ứng với 108 mg/g).

*\* Bã mía*

Được đánh giá như phương tiện lọc chất bẩn từ dung dịch nước và được ví như than hoạt tính trong việc loại bỏ các kim loại nặng: Cr<sup>6+</sup>, Ni<sup>2+</sup> ... bên cạnh khả năng tách loại kim loại nặng, bã mía còn thể hiện khả năng hấp phụ tốt đối với dầu.

*\* Bã chè, bã café*

Nghiên cứu sự tách loại Al<sup>3+</sup>, Cr<sup>3+</sup>, Cd<sup>2+</sup> bằng bã chè, bã café, Orhan và Buyukgungor chỉ ra rằng khả năng hấp phụ đối với Al<sup>3+</sup> là rất tốt. Khi tiến hành thí nghiệm gián đoạn: sử dụng 0,3g vật liệu khuấy với 100ml nước thải chứa 3 ion kim loại trên thì Al<sup>3+</sup> bị tách loại tới 98% bởi bã chè và 96% bởi bã café.

*\* Rơm*

Các thành phần chính của rơm, rạ là những hydratcacbon gồm: licnoxenlulozo 37,4%; hemixenlulozo 44,9%; lignin 4,9% và hàm lượng tro (oxit silic) cao từ 9% đến 14%. Rơm cũng được nghiên cứu làm vật liệu xử lý nước thải. Ở nhiệt độ phòng, sự hấp phụ Cr(III) thay đổi theo pH. Hiệu suất hấp phụ Cr(VI) thay đổi từ 100% ở pH = 1 ÷ 3 đến 60 ÷ 70% ở pH = 4 ÷ 12.

*\* Vỏ trấu*

Vỏ trấu là một phụ phẩm nông nghiệp phổ biến ở nước ta. Nó được ứng dụng hiệu quả trong việc chế tạo vật liệu hấp phụ trong xử lý môi trường. Với giá thành rẻ, quy trình chế tạo vật liệu hấp phụ đơn giản, không đưa thêm vào nước thải tác nhân độc hại. Hiệu suất xử lý Niken tương đối cao (81,17%).

### *1.5.1.3. Một số loại vật liệu hấp phụ khác*

#### *\* Than hoạt tính [4]*

Than hoạt tính được sản xuất theo 2 phương pháp:

- Sản xuất theo phương pháp hoạt hoá hóa học bằng cách trộn hay tẩm nguyên liệu với các hoá chất và đốt yếm khí từ 500 °C – 900°C. Các hoá chất vô cơ khi đốt sẽ phân huỷ ra các khí có tính oxy hoá hoặc phân huỷ các phân tử hữu cơ qua phản ứng dehydrat hoá.

- Sản xuất theo phương pháp hoạt hoá vật lý thường tiến hành theo 2 giai đoạn: than hoá và hoạt hoá.

+ Giai đoạn than hoá là giai đoạn đốt yếm khí tại 400 °C – 500°C nhằm loại bỏ thành phần bay hơi trong nguyên liệu, đưa nguyên liệu trở về dạng cacbon.

+ Bước hoạt hoá là phát triển độ xốp của nguyên liệu thông qua phản ứng oxy hoá ở nhiệt độ cao (800 °C – 1100°C). Trong quá trình oxy hoá, một số nguyên tử cacbon bị đốt cháy thành khí (CO, CO<sub>2</sub>), khí này bay đi để lại chỗ trống, đó chính là cơ chế tạo độ xốp. Quá trình hoạt hoá này vì thế gọi là quá trình khí hoá. Tác nhân oxy hoá có thể là không khí (oxy), hơi nước, khí cacbonic, khí thải. Chế độ hoạt hoá quyết định chất lượng của than hoạt tính.

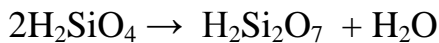
Than hoạt tính có thể dùng để tẩy màu, làm trong, khử mùi, tinh chế thực phẩm, đồ uống, dầu mỡ. Ngoài ra, một số loại than hoạt tính có đặc thù riêng: dùng trong y học, than hấp phụ kim loại, than dùng trong mặt nạ, than oxy hoá dùng để xử lý phóng xạ; phần lớn các loại than này đều được biến tính bề mặt để tăng cường thêm các nhóm chức qua phản ứng oxy hoá hoặc tẩm một số xúc tác.

#### *\* Silicalgel*



Silicalgel là một loại chất hấp phụ có thành phần hoá học chủ yếu là silic oxit ( $\text{SiO}_2$ ) có cấu trúc rất xốp. Độ xốp của silicalgel có thể đạt 50 - 60%, diện tích bề mặt có thể đạt tới  $800\text{m}^2/\text{g}$ .

Nguyên liệu để tổng hợp silicalgel là axit silicic, axit đơn  $\text{H}_2\text{SiO}_4$  là axit rất yếu. Khi vượt quá độ hoà tan nó không kết tủa mà tạo thành polimer thông qua phản ứng trùng ngưng, giai đoạn đầu của phản ứng trùng ngưng là:



Phản ứng trùng ngưng tiếp diễn hình thành các phân tử polimer lớn cho tới khi nồng độ axit đơn dư trong dung dịch nằm trong khoảng  $100\text{ mg/l} - 150\text{mg/l}$  tùy thuộc vào pH.

Silicalgel thường được chế tạo bằng cách kết tủa  $\text{SiO}_2$  từ dung dịch thuỷ tinh lỏng với axit (chủ yếu là axit sunfuric), trong một số trường hợp có thể thuỷ phân  $\text{SiCl}_4$ , hoặc các hợp chất silic khác dễ thuỷ phân.

Trong quá trình thuỷ phân với axit sunfuric sẽ hình thành axit silicic yếu và ngay lập tức xảy ra phản ứng trùng ngưng tạo thành dạng gel đặc và trong, chứa khoảng 90% nước, hay 300 phân tử nước trên 1 phân tử  $\text{SiO}_2$ . Khi tỉ lệ  $\text{H}_2\text{O}/\text{SiO}_2$  là 30/40 thì có thể cắt thành miếng, khi tỉ lệ còn 6/1 thì được coi là khô và có thể nghiền thành bột.

Tính chất của silicalgel phụ thuộc vào các yếu tố thực hiện khi chế tạo như: nồng độ, pH, nhiệt độ. Hạt keo càng nhỏ thì diện tích bề mặt càng lớn. Thông thường khi thuỷ phân ở vùng pH thấp, hạt keo nhỏ thì thời gian đông tụ kéo dài. Ở vùng nồng độ loãng và nhiệt độ cao cũng tạo ra những hạt keo nhỏ. Tỉ lệ thành phần tham gia phản ứng, tốc độ khuấy trộn, chất đưa thêm vào, thứ tự đưa chất vào đều ảnh hưởng đến chất lượng sản phẩm.

Silicalgel được sử dụng chủ yếu làm chất hút ẩm, một phần làm mang xúc tác. Trong phân tích nó chủ yếu được dùng làm chất hấp phụ hay chất mang sắc kí. Gần

đây có một số nghiên cứu sử dụng silicalgel để xử lý nước thải chứa kim loại nặng và chất phóng xạ.

*\* Nhôm oxit*

Nhôm oxit là vật liệu màu trắng ngà, không tan trong nước nhưng tan trong axit đặc, khi nung ở nhiệt độ cao nó sẽ chuyển sang dạng thù hình khác và không tan trong axit. Nhôm oxit tồn tại dưới nhiều dạng thù hình. Khi loại bỏ nước của nhôm hydroxit thu được  $Al_2O_3$  dạng ortho hay meta, khi nung nhôm oxihidrat sẽ hình thành  $\gamma - Al_2O_3$  tinh thể.

Nhôm oxit được hình thành khi đốt nhôm kim loại hoặc nung nhôm hidroxit hay các muối nhôm có gốc là các axit yếu dễ bay hơi.

Quặng boxit là quặng chứa nhôm, nguyên liệu chủ yếu để sản xuất nhôm trong công nghiệp. Boxit là dạng nguyên khai có khả năng hấp phụ thấp, thông qua hoạt hóa nhiệt làm tăng khả năng hấp phụ. Có mối quan hệ giữa nhiệt độ hoạt hóa, thời gian hoạt hóa, hàm lượng tạp chất dư dễ bay hơi với diện tích bề mặt, độ xốp và khả năng hấp phụ của sản phẩm. Nhiệt độ hoạt hóa từ  $370\text{ }^\circ\text{C} - 400\text{ }^\circ\text{C}$  thường cho sản phẩm có dung lượng hấp phụ cao, giảm được khả năng bay hơi từ 30% xuống còn 6% – 8%. Sản phẩm có thể tái sinh ở nhiệt độ  $150\text{ }^\circ\text{C} - 250\text{ }^\circ\text{C}$ . Trong một số trường hợp người ta còn phải loại bỏ một số tạp chất trong quặng bằng cách xử lý với axit clohydric hay axit flohydric loãng.

Nhôm oxit được dùng để làm chất tẩy khô khí, chất mang xúc tác, xử lý phân đoạn dầu mỏ, khử mùi, hấp phụ một số chất đặc thù như florua, asen ...

*\* Zeolit*

Zeolit là tên gọi một nhóm khoáng chất alumosilicat cấu trúc tinh thể, thành phần hóa học chủ yếu gồm nhôm oxit và silic oxit sắp xếp theo một trật tự nào đó với tỉ lệ nhất định. Trật tự sắp xếp và tỉ lệ Al : Si dẫn đến các loại zeolit khác nhau. Ngoài thành phần hóa học chính kể trên, zeolit còn tồn tại dưới dạng ion dương không gắn

vào vị trí cố định, nó linh động và có thể trao đổi được với các ion khác nên ngoài tính năng hấp phụ zeolit còn là chất trao đổi ion.

Zeolit được chế tạo theo các phương pháp:

- Từ zeolit tự nhiên người ta loại bỏ các tạp chất trong mao quản bằng cách chiết với nước hay dung môi khác, trong trường hợp này cấu trúc mạng tinh thể được giữ nguyên.

- Dưới tác dụng của dung dịch muối khoáng đậm đặc, chúng được tái kết tinh để chuyển sang dạng khác.

- Tổng hợp zeolit từ các hóa chất cơ bản: aluminat, silicat kiềm hoặc kiềm thổ. Phương pháp này gọi là tổng hợp trực tiếp.

Zeolit thường được sử dụng rộng rãi trong kỹ thuật xúc tác với chức năng là chất hấp phụ nhằm loại bỏ những tác nhân gây hại cho xúc tác, là xúc tác trực tiếp cho một số quá trình hóa dầu.

Hiện nay trên thế giới đang có xu hướng tổng hợp một số loại zeolit có giá thành rẻ từ nguyên liệu thải bỏ nông nghiệp, đặc biệt bã thải rắn từ quá trình đốt than đá.

*\* Than bùn*

Than bùn là sản phẩm phân hủy thực vật, có màu đen hoặc nâu sáng. Ngoài thành phần hữu cơ còn có thành phần vô cơ (tro) là các oxit kim loại. Thành phần chính của than bùn là axit humic, axit fulvic, các axit này có cấu trúc hóa học không cố định. Nó là tập hợp các axit có phân tử lượng lớn chứa nhiều nhóm chức, chứa đa phần các nhân thơm. Nó không bị vi sinh vật phân hủy và là một trong những phân đoạn hữu cơ bền nhất trong tự nhiên.

Than bùn là loại vật liệu hỗn hợp của nhiều loại hợp chất hữu cơ chứa nhiều nhóm chức phân cực nên có khả năng hấp phụ các chất hữu cơ phân cực và các kim loại chuyển tiếp.

*\* Chất hấp phụ polimer*

Cùng với sự đòi hỏi về nhu cầu đa dạng của các chất hấp phụ trong kỹ thuật, người ta cố gắng chế tạo các chất hấp phụ trên cơ sở vật liệu polimer tổng hợp có những đặc trưng tính chất có thể được ấn định cho từng mục đích cụ thể.

Chất hấp phụ polimer thường có dạng hình cầu, không tan trong nước, tùy thuộc vào bản chất vật liệu polimer mà bề mặt của sản phẩm có độ phân cực rất khác nhau. Tương tác hấp phụ trên chất hấp phụ polimer gồm tương tác Vanderwalls và các tương tác đặc thù khác kỵ nước. Chất hấp phụ polimer được sử dụng rất có hiệu quả trong xử lý các chất hữu cơ đặc thù: phenol, chất hoạt động bề mặt, hấp phụ chất màu từ nước thải, thu hồi protein.

**Bảng 1.7. Một số chất hấp phụ polimer**

| <b>Tên</b> | <b>Dạng</b> | <b>Độ xốp (%)</b> | <b>Ứng dụng</b>  |
|------------|-------------|-------------------|--|
| XAD – 1    | Polistiren  | 37                | Chất hữu cơ, phenol                                    |
| XAD – 2    | Polistiren  | 42                | Phenol, chất hữu cơ, thu hồi kháng sinh                |
| XAD – 4    | Polistiren  | 45                | Phenol, cơ-clo, xử lý và thu hồi thuốc bảo vệ thực vật |
| XAD – 16   | Polistiren  | 45                | Tách phân tử hữu cơ lớn như loại protein               |
| XAD – 7    | Polistiren  | 55                | Màu nhuộm, loại bỏ chất hữu cơ, thu hồi kháng sinh     |
| XAD – 8    | Polistiren  | 52                | Xử lý nước thải bột giấy                               |

**1.5.2. Giới thiệu về vỏ lạc**

**1.5.2.1. Năng suất và sản lượng lạc**

Lạc là cây công nghiệp ngắn ngày, được phát hiện và gieo trồng từ khoảng 500 năm nay, giá trị kinh tế của lạc được chú ý khoảng 250 năm trở lại đây.

Cây lạc có giá trị kinh tế cao và có nhiều công dụng, đặc biệt được dùng làm thực phẩm, trong công nghiệp thực phẩm, trong kỹ nghệ, trong trồng trọt...

Phụ phẩm của cây lạc gồm: khô dầu, vỏ lạc và than lá.



**Hình 1.5. Cây lạc**

Thân và lá cây lạc có thể dùng làm thức ăn cho gia súc và các loại phân bón có giá trị tương đương phân chuồng.

Cho đến thế kỷ XIX đầu thế kỷ XX, trên thế giới, lạc là cây họ đậu có diện tích lớn nhất. Hiện nay đứng hàng thứ hai (sau đỗ tương) trong số các cây lấy dầu thực vật (về diện tích và sản lượng). Châu Á có sản lượng cao nhất chiếm 60% thế giới. Châu Phi đứng thứ 2 với 30%. Trong số các nước trồng lạc thì Ấn Độ là quốc gia đứng đầu thế giới với diện tích 8,1 triệu ha song sản lượng hàng năm Trung Quốc lại là nước đứng đầu với diện tích chỉ hơn nửa Ấn Độ (4,3 triệu ha).

Ở Việt Nam, lạc được trồng rộng rãi khắp cả nước. Trừ các loại đất quá dốc, đất chua, đất chua mặn, đất sét... các loại đất khác đều trồng được lạc [10] [13].

Trong 25 nước châu Á, Việt Nam đứng thứ 5 về sản lượng lạc hàng năm.

*1.5.2.2. Thành phần chính của vỏ lạc*

Vỏ hạt chiếm khoảng 25% khối lượng hạt. Với sản lượng hàng năm khoảng 500 000 tấn thì khối lượng vỏ lạc có thể lên tới 150 000 tấn/năm.



**Hình 1.6. Củ lạc phơi khô**

Vỏ lạc có giá trị dinh dưỡng, thường được dùng để nghiền thành cám làm thức ăn cho gia súc hoặc phân bón cho cây [13]. Dưới đây là bảng kết quả phân tích thành phần của vỏ lạc [10]:

**Bảng 1.8. Thành phần của vỏ lạc**

| <b>Thành phần</b> | <b>Nước</b> | <b>Protein</b> | <b>Lipit</b> | <b>Gluxit</b> | <b>Đạm</b> | <b>Lân</b> | <b>Kali</b> |
|-------------------|-------------|----------------|--------------|---------------|------------|------------|-------------|
| Phần trăm (%)     | 10          | 4,2            | 2,6          | 18,5          | 1,8        | 0,2        | 0,5         |

Thành phần chính của vỏ lạc là gluxit gồm: xenlulozo, hemixenlulozo, lignin và một số hợp chất khác.



**Hình 1.7. Vỏ lạc giã nhỏ**

*1.5.2.3. Hướng nghiên cứu khi sử dụng vỏ lạc làm vật liệu hấp phụ*

Vỏ lạc được sử dụng để chế tạo than hoạt tính với khả năng tách loại ion Cd (II) rất cao. Chỉ cần hàm lượng than hoạt tính là 0,7g/l có thể hấp thụ dung dịch chứa Cd (II) nồng độ 20mg/l. Nếu so sánh với các loại than hoạt tính (dạng viên) trên thị trường thì khả năng hấp phụ của nó cao gấp 31 lần [10].

Một nghiên cứu mới đây của các nhà khoa học khoa công nghệ môi trường, trường đại học Mersin – Thổ Nhĩ Kỳ cho thấy, vỏ củ lạc - một trong những phế phẩm lớn nhất, rẻ mạt của ngành công nghiệp thực phẩm có thể sử dụng để cải tạo ruộng, lọc các nguồn nước bị nhiễm kim loại độc do các nhà máy thải ra. Đặc biệt là ở các vùng đất, nguồn nước bị nhiễm ion kim loại và vỏ củ lạc có thể loại bỏ 95% ion đồng khỏi nước thải công nghiệp trong khi mùn cưa của cây thông chỉ loại bỏ được 44%. Có thể đạt được hiệu quả cao nhất nếu nước có tính axit trong khi nhiệt độ lại ít có tác động đến hiệu suất tách loại ion kim loại.

## CHƯƠNG II. THỰC NGHIỆM

### II.1. Dụng cụ và hóa chất.

#### II.1.1. Dụng cụ.

- Máy lắc June HY – 4
- Cân phân tích Adxenture
- Máy đo quang Hach DR/2010
- Tủ sấy
- Bình định mức : 50ml, 100ml, 1000ml.
- Bình nón 250 ml
- Phễu chiết 250 ml
- Buret và pipet các loại
- Phễu lọc và giấy lọc
- Một số dụng cụ phụ trợ khác.

#### II.1.2. Hóa chất

- |   |    |
|---|----|
| - Kiềm NaOH                                 | Pa |
| - $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ | Pa |
| - Axit clohidric HCl đặc                    | Pa |
| - Natri diethylthiocacamat Na- DDC          | Pa |
| - Chì Nitrat $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$     | Pa |
| - Toluene                                   | Pa |
| - Axit citric                               | Pa |

### II.2. Phương pháp xác định đồng

#### II.2.1. Nguyên tắc

Để xác định hàm lượng đồng có trong nước thải người ta thường dùng phương pháp trắc quang với Natri diethylthiocacamat (DDC). Phản ứng giữa  $\text{Cu}^{2+}$  với Pb - DDC xảy ra tại giá trị pH = 1 ÷ 1,5 tạo thành dung dịch màu vàng.



### **II.2.2. Hóa chất**

- Pb- DDC trong toluen: Chuẩn bị một phễu chiết sạch có  $V = 250\text{ml}$  thêm vào đó 50ml nước cất hai lần, thêm 0,05g  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  loại tinh khiết hóa học, lắc kỹ để muối đó tan hết. Hòa tan 0,05g Na - DDC trong lượng nước tối thiểu rồi thêm vào phễu chiết để kết tủa hết  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ . Thêm vào phễu chiết 125ml toluen, đậy nút phễu chiết rồi lắc mạnh, toàn bộ kết tủa Pb - DDC tan trong toluen, tách bỏ phần nước phía dưới, phần trên là Pb - DDC tan trong toluen được lọc qua giấy lọc vào bình màu nâu, dung dịch này bền trong khoảng 3 tháng.

- HCl: pha dung dịch HCl (1:1).

- Dung dịch  $\text{Cu}^{2+}$  nồng độ 10mg/l : Hòa tan 0,039g  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  trong 1 lít nước cất 2 lần.

### **II.2.3. Trình tự phân tích**

Lấy một thể tích nước cần phân tích để trong mẫu chứa khoảng 0,001mg/l - 1mg/l  $\text{Cu}^{2+}$  cho vào phễu chiết dung tích 250ml. Mẫu nước được pha loãng bằng nước cất đến 100ml. Thêm vào phễu chiết lần lượt 5 giọt axit HCl (1: 1) và 10ml Pb - DDC trong toluen từ buret một cách chính xác. Lắc phễu chiết trong 2 phút, giữ yên phễu chiết cho phân thành 2 lớp, sau đó tách phần nước phía dưới, phần chứa Cu - DDC màu vàng cho vào cuvet tiến hành so màu ở bước sóng  $\lambda = 430\text{nm}$ .

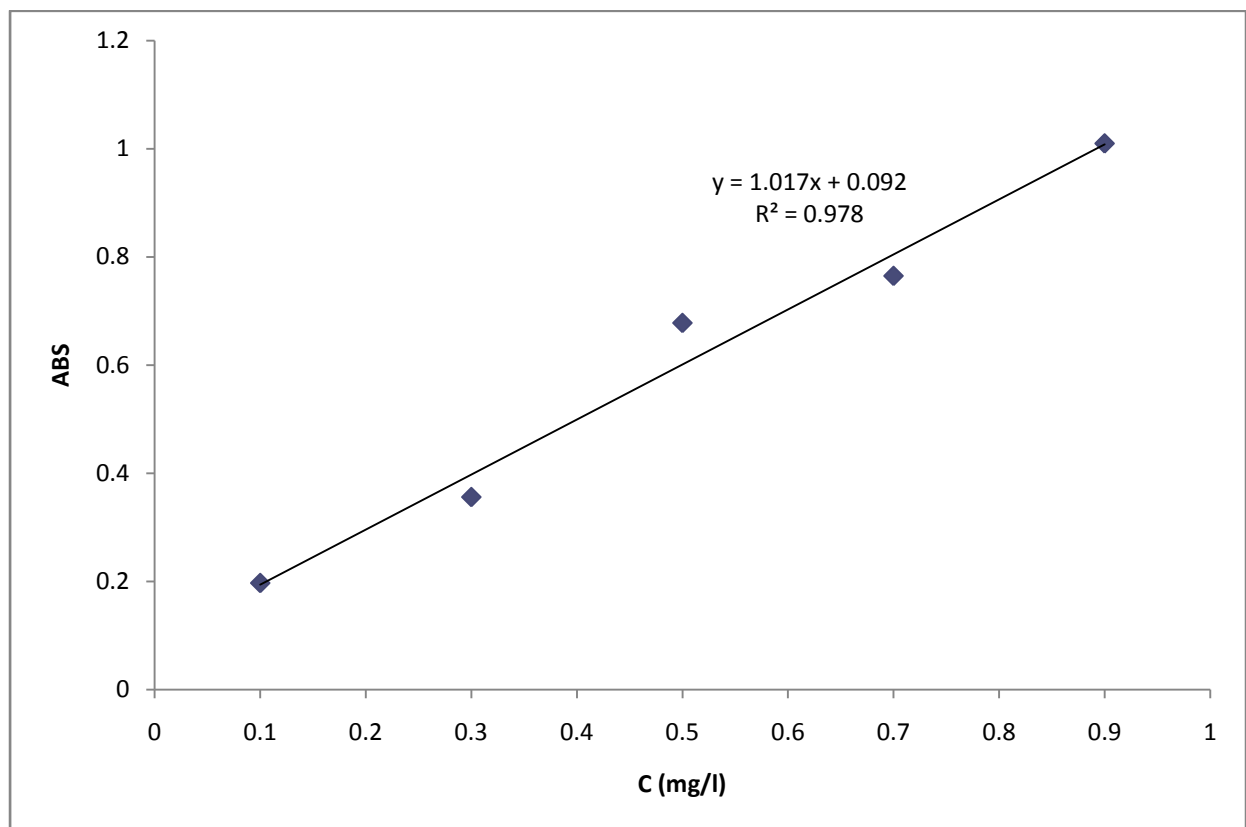
### **II.2.4. Xây dựng đường chuẩn của đồng**

Lấy 6 bình định mức dung tích 100ml. Lần lượt cho vào mỗi bình 1, 3, 5, 7, 9 ml dung dịch  $\text{Cu}^{2+}$  nồng độ 10mg/l. Sau đó tiến hành các bước như trong trình tự phân tích. Kết quả đo được thể hiện dưới bảng 2.1 như sau:

**Bảng 2.1. Kết quả xác định đường chuẩn đồng**

| STT | Thể tích $\text{Cu}^{2+}$ (ml) | Nồng độ $\text{Cu}^{2+}$ (mg/l) | ABS   |
|-----|--------------------------------|---------------------------------|-------|
| 1   | 1                              | 0,1                             | 0,197 |
| 2   | 3                              | 0,3                             | 0,356 |
| 3   | 5                              | 0,5                             | 0,678 |
| 4   | 7                              | 0,7                             | 0,765 |
| 5   | 9                              | 0,9                             | 1,010 |

Từ kết quả trên ta có đồ thị biểu diễn phương trình đường chuẩn của đồng như sau:

**Hình 2.1. Phương trình đường chuẩn đồng**

Vậy phương trình đường chuẩn của đồng dùng để xác định nồng độ đồng sau quá trình hấp phụ có dạng:  $y = 1,0175x + 0,0925$ .

### **II.3. Điều chế vật liệu hấp phụ từ vỏ lạc**

Vỏ lạc sau khi tách, rửa sạch rồi băm nhỏ và ngâm trong nước 12 giờ. Được vớt ra rửa sạch bằng nước cất. sau đó, sấy khô ở nhiệt độ  $110^{\circ}\text{C}$  trong 3 giờ.

Lấy 65g vỏ lạc ở trên cho vào 1lít dung dịch NaOH 0,1M, đem khuấy trong 1 giờ ở nhiệt độ phòng. Sau đó, lấy phần vỏ lạc đó đem rửa sạch cho vào nước cất khuấy trong 45 phút ở nhiệt độ phòng. Quá trình này được lặp đi lặp lại cho đến khi hết kiềm (kiểm tra bằng giấy chỉ thị). Lấy phần vỏ lạc cho vào 500ml axit citric 0,4 M. Huyền phù axit citric – vỏ lạc để phản ứng trong 8 giờ ở  $70^{\circ}\text{C}$ . Sau đó lọc lấy phần vỏ lạc đem sấy khô ở  $110^{\circ}\text{C}$ . Phần vỏ lạc này được rửa sạch trên phễu lọc để loại hết axit dư (kiểm tra bằng giấy chỉ thị) và đem sấy khô ở  $80^{\circ}\text{C}$  trong 3 giờ ta được vật liệu hấp phụ.

### **II.4. Khảo sát ảnh hưởng của khối lượng vật liệu đến quá trình hấp phụ**

Để khảo sát ảnh hưởng của khối lượng vật liệu đến quá trình hấp phụ, ta tiến hành như sau:

- Chuẩn bị 7 bình nón có dung tích 250ml.
- Cho vào mỗi bình lần lượt 0,3 - 0,6 - 0,9 - 1,2 - 1,5 - 1,8 - 2,1g vỏ lạc và 30ml dung dịch  $\text{Cu}^{2+}$  nồng độ 10mg/l.
- Lắc các bình trên máy lắc, sau một thời gian xác định tiến hành lọc, thu dung dịch lọc để xác định.

### **II.5. Khảo sát kích thước vật liệu hấp phụ**

Để khảo sát ảnh hưởng của kích thước vật liệu đến quá trình hấp phụ, ta tiến hành như sau:

- Chuẩn bị 3 bình nón có dung tích 250ml.
- Cho vào mỗi bình lần lượt 1,8g vỏ lạc có kích thước khác nhau và 30ml dung dịch  $\text{Cu}^{2+}$  với nồng độ 10mg/l.
- Lắc các bình trên máy lắc, sau một thời gian xác định tiến hành lọc, thu dung dịch lọc để xác định.

**II.6. Khảo sát thời gian đạt cân bằng hấp phụ.**

Để khảo sát ảnh hưởng của thời gian đạt cân bằng hấp phụ của vật liệu đến quá trình hấp phụ, ta tiến hành như sau:

- Chuẩn bị 7 bình nón có dung tích 250ml.
- Cho vào mỗi bình 1,8g vỏ lạc và 30ml dung dịch  $\text{Cu}^{2+}$  nồng độ 10mg/l.
- Lắc các bình trên máy lắc, trong các khoảng thời gian khác nhau rồi tiến hành lọc, thu dung dịch lọc để xác định.

**II.7. Khảo sát ảnh hưởng của pH đến khả năng hấp phụ của vật liệu**

Một trong những yếu tố quan trọng ảnh hưởng tới khả năng hấp phụ của vật liệu là pH, để khảo sát ảnh hưởng của pH ta tiến hành như sau:

- Chuẩn bị: 7 bình nón dung tích 250ml.
- Cho vào mỗi bình 30ml dung dịch  $\text{Cu}^{2+}$  nồng độ 10mg/l và 1,8g vỏ lạc.
- Điều chỉnh pH khác nhau ở mỗi bình.
- Đem lắc trong khoảng thời gian đạt cân bằng hấp phụ sau đó lọc và đo nồng độ đầu ra của dung dịch.

**II.8. Sự phụ thuộc của tải trọng hấp phụ vào nồng độ cân bằng**

Để khảo sát sự phụ thuộc của tải trọng hấp phụ vào nồng độ cân bằng của vật liệu ta tiến hành như sau:

- Chuẩn bị: 5 bình nón dung tích 250ml.
- Pha dung dịch  $\text{Cu}^{2+}$  với các nồng độ khác nhau: 10, 30, 50, 100, 150 mg/l.
- Cho vào mỗi bình 30ml dung dịch  $\text{Cu}^{2+}$  nồng độ như trên và 1,8g vỏ lạc.
- Điều chỉnh pH đến giá trị tối ưu và tiến hành lắc trong khoảng thời gian đạt cân bằng hấp phụ sau đó lọc và xác định nồng độ  $\text{Cu}^{2+}$  sau xử lý.

**II.9. Khảo sát khả năng giải hấp và tái sinh của vật liệu hấp phụ****II.9.1. Khảo sát khả năng giải hấp của vật liệu**

Lấy 30ml dung dịch  $\text{Cu}^{2+}$  nồng độ 10mg/l và 1,8g vỏ lọc cho vào bình nón 250ml đem lắc trong 60 phút. Sau đó đo nồng độ của dung dịch sau khi xử lý, từ đó tính được hàm lượng  $\text{Cu}^{2+}$  mà vỏ lọc đã hấp phụ được.

Sau đó tiến hành giải hấp tách  $\text{Cu}^{2+}$  ra khỏi vật liệu bằng dung dịch  $\text{HNO}_3$  1M, quá trình giải hấp được tiến hành 3 lần, mỗi lần bằng 50ml dung dịch  $\text{HNO}_3$ . Xác định nồng độ  $\text{Cu}^{2+}$  sau giải hấp bằng phương pháp trắc quang. Từ đó tính được hàm lượng  $\text{Cu}^{2+}$  đã được rửa giải.

### ***II.9.2. Khảo sát khả năng tái sinh của vật liệu***

Lấy 30ml dung dịch  $\text{Cu}^{2+}$  nồng độ 10mg/l cho vào bình nón 250ml cùng 1,8g vật liệu hấp phụ đã qua giải hấp ở trên đem lắc trong khoảng thời gian đạt cân bằng hấp phụ. Sau đó, đo nồng độ  $\text{Cu}^{2+}$  trong dung dịch thu được sau khi lắc.

## CHƯƠNG III. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

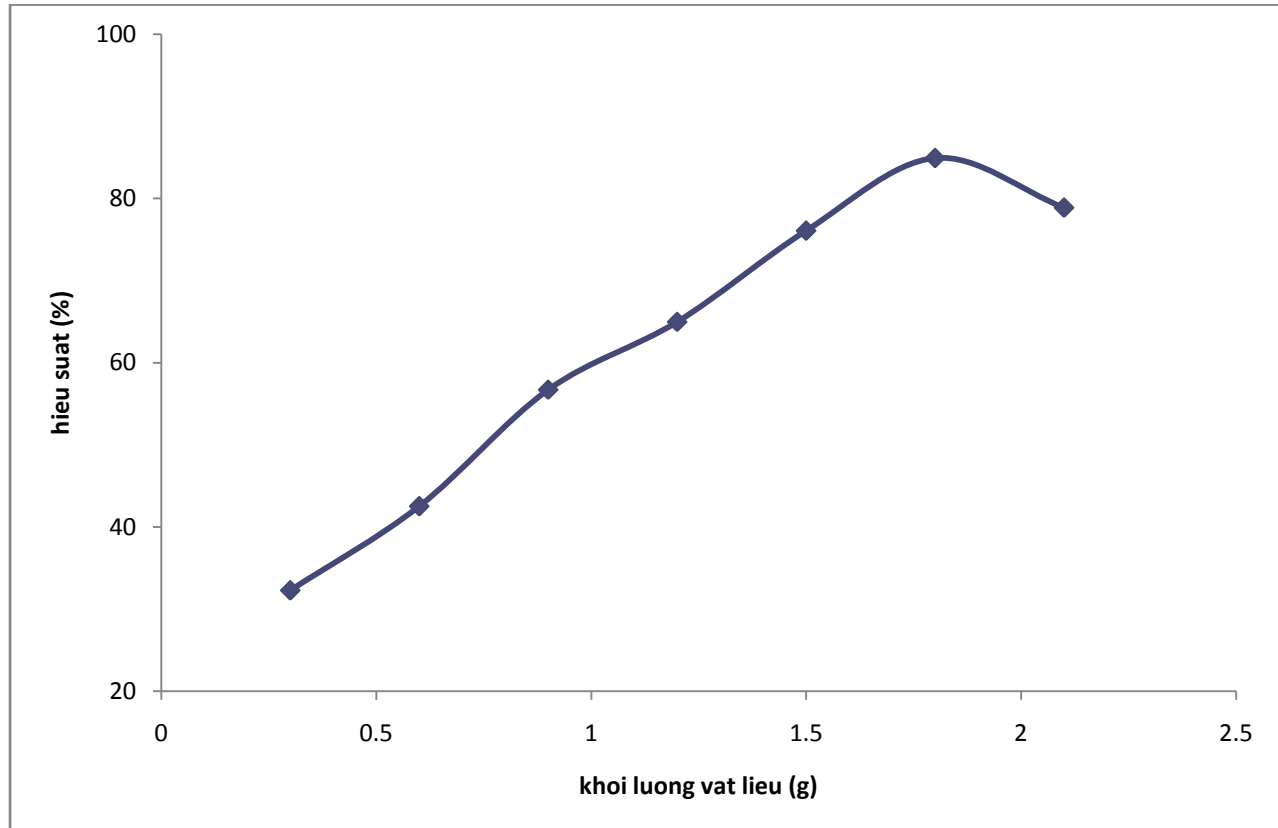
### III.1. Kết quả khảo sát ảnh hưởng của khối lượng vật liệu đến quá trình hấp phụ đồng

Chuẩn bị 7 bình nón có dung tích 250ml, đánh số thứ tự từ 1 đến 7. Cho vào mỗi bình 30ml dung dịch  $\text{Cu}^{2+}$  nồng độ 10mg/l và lần lượt 0,3 - 0,6 - 0,9 - 1,2 - 1,5 - 1,8 - 2,1g vỏ lạc đã hoạt hóa. Lắc các bình trên máy lắc sau khoảng 30 phút, đem lọc và làm tương tự như đối với mẫu chuẩn. Kết quả thu được thể hiện ở bảng 3.1.

**Bảng 3.1. Ảnh hưởng của khối lượng vật liệu đến quá trình hấp phụ đồng**

| STT | Khối lượng vật liệu hấp phụ (g) | ABS          | $C_f$ (mg/l) | Hiệu suất (%) |
|-----|---------------------------------|--------------|--------------|---------------|
| 1   | 0,3                             | 6,984        | 6,773        | 32,27         |
| 2   | 0,6                             | 5,941        | 5,748        | 42,52         |
| 3   | 0,9                             | 4,498        | 4,329        | 56,71         |
| 4   | 1,2                             | 3,656        | 3,502        | 64,98         |
| 5   | 1,5                             | 2,582        | 2,395        | 76,05         |
| 6   | <b>1,8</b>                      | <b>1,629</b> | <b>1,520</b> | <b>84,90</b>  |
| 7   | 2,1                             | 2,244        | 2,114        | 78,86         |

Từ kết quả trên, ta có đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của khối lượng vật liệu đến quá trình hấp phụ đồng:



**Hình 3.1. Ảnh hưởng của khối lượng vật liệu đến quá trình hấp phụ đồng**

Kết quả trên hình 3.1 cho thấy khi khối lượng vật liệu hấp phụ tăng thì hiệu suất quá trình hấp phụ đồng cũng tăng và đạt cực đại khi khối lượng vật liệu hấp phụ bằng 1,8g. Nếu tiếp tục tăng lượng vật liệu hấp phụ thì hiệu suất quá trình hấp phụ đồng lại giảm. Vậy khối lượng vật liệu hấp phụ tối ưu cho quá trình thí nghiệm là 1,8g. Chọn giá trị khối lượng vật liệu là 1,8g cho các nghiên cứu tiếp theo.

### **III.2. Kết quả khảo sát ảnh hưởng của kích thước vật liệu đến quá trình hấp phụ đồng**

Chuẩn bị 3 bình nón có dung tích 250ml rồi đánh số thứ tự từ 1 đến 3. Sau đó cho vào mỗi bình 1,8g vỏ lục đã hoạt hóa có kích thước khác nhau và 30ml dung dịch  $\text{Cu}^{2+}$  nồng độ 10mg/l. Lắc các bình trên máy lắc sau một thời gian, đem lọc và làm tương tự với mẫu chuẩn. Kết quả thu được thể hiện ở bảng 3.2.

**Bảng 3.2. Ảnh hưởng của kích thước vật liệu đến quá trình hấp phụ đồng**

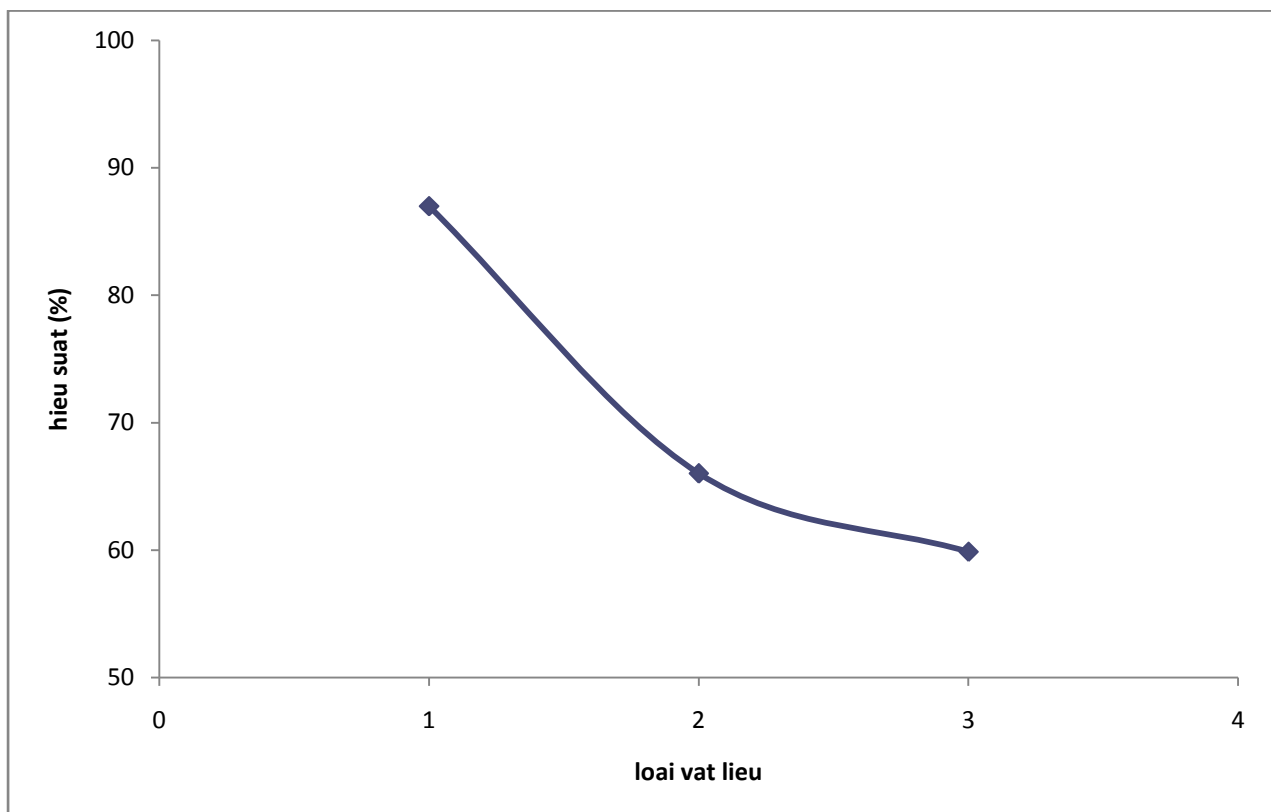
| STT | Kích thước vật liệu hấp phụ | ABS   | C <sub>f</sub> (ml) | Hiệu suất (%) |
|-----|-----------------------------|-------|---------------------|---------------|
| 1   | Loại 1                      | 1,417 | 1,302               | 86,98         |
| 2   | Loại 2                      | 3,551 | 3,399               | 66,01         |
| 3   | Loại 3                      | 4,185 | 4,022               | 59,78         |

Loại 1: là loại có kích thước nhỏ nhất

Loại 2: là loại có kích thước trung bình

Loại 3: là loại có kích thước lớn nhất

Từ kết quả trên, ta có đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của kích thước vật liệu đến quá trình hấp phụ đồng:



**Hình 3.2. Ảnh hưởng của kích thước vật liệu đến quá trình hấp phụ đồng**

Kết quả trên hình 3.2 cho thấy hiệu suất của quá trình hấp phụ phụ thuộc vào kích thước của vật liệu hấp phụ. Nếu kích thước vật liệu hấp phụ càng nhỏ thì hiệu



suất của quá trình hấp phụ đồng càng cao. Hiệu suất của quá trình hấp phụ lớn nhất khi vật liệu hấp phụ có kích thước nhỏ nhất (loại 1).

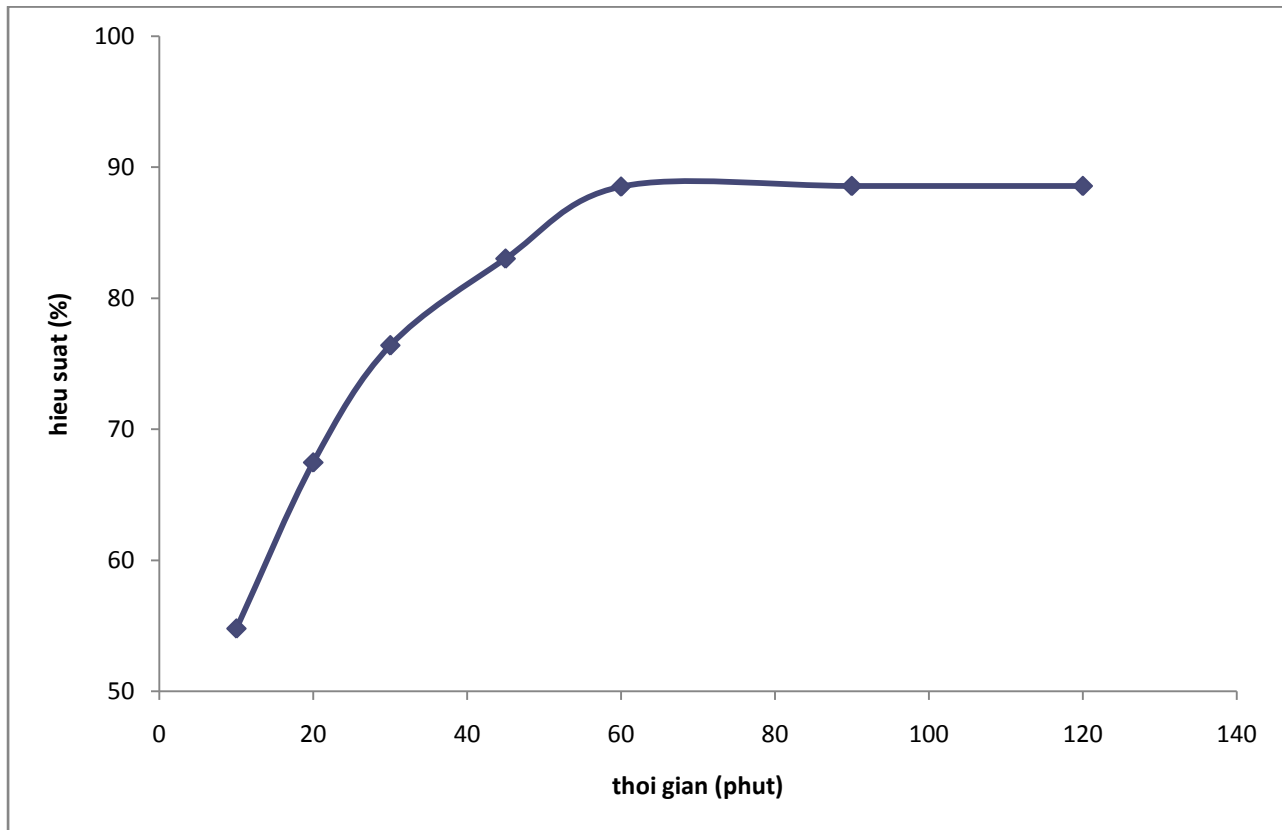
### III.3. Kết quả khảo sát ảnh hưởng của thời gian đến quá trình hấp phụ đồng

Lấy 7 bình nón dung tích 250ml đánh số thứ tự từ 1 đến 7. Cho vào mỗi bình 30ml dung dịch  $\text{Cu}^{2+}$  nồng độ 10mg/l và 1,8g vỏ lạc loại 1 đã được hoạt hóa. Sau đó đem lắc ở các khoảng thời gian khác nhau 10; 20; 30; 45; 60; 90; 120 phút. Sau khi lắc xong đem lọc và làm tương tự như đối với mẫu chuẩn. Kết quả thu được thể hiện ở bảng 3.3.

**Bảng 3.3. Ảnh hưởng của thời gian đến quá trình hấp phụ đồng**

| STT | Thời gian (phút) | ABS          | $C_f$ (mg/l) | Hiệu suất (%) |
|-----|------------------|--------------|--------------|---------------|
| 1   | 10               | 4,693        | 4,521        | 54,79         |
| 2   | 20               | 3,402        | 3,523        | 67,47         |
| 3   | 30               | 2,495        | 2,361        | 76,39         |
| 4   | 45               | 1,820        | 1,698        | 83,02         |
| 5   | <b>60</b>        | <b>1,262</b> | <b>1,149</b> | <b>88,51</b>  |
| 6   | 90               | 1,257        | 1,144        | 88,56         |
| 7   | 120              | 1,256        | 1,143        | 88,57         |

Từ kết quả trên ta có đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc khả năng hấp phụ đồng trong dung dịch theo thời gian hấp phụ:



**Hình 3.3. Ảnh hưởng của thời gian đến quá trình hấp phụ đồng**

Kết quả thực nghiệm cho thấy hiệu suất của quá trình hấp phụ tăng dần khi thời gian hấp phụ tăng từ 10 - 60 phút. Khi tiếp tục kéo dài thời gian hấp phụ thì hiệu suất quá trình hấp phụ có tăng nhưng không đáng kể. Như vậy ta chọn thời gian đạt cân bằng hấp phụ là 60 phút và sử dụng cho các nghiên cứu tiếp theo.

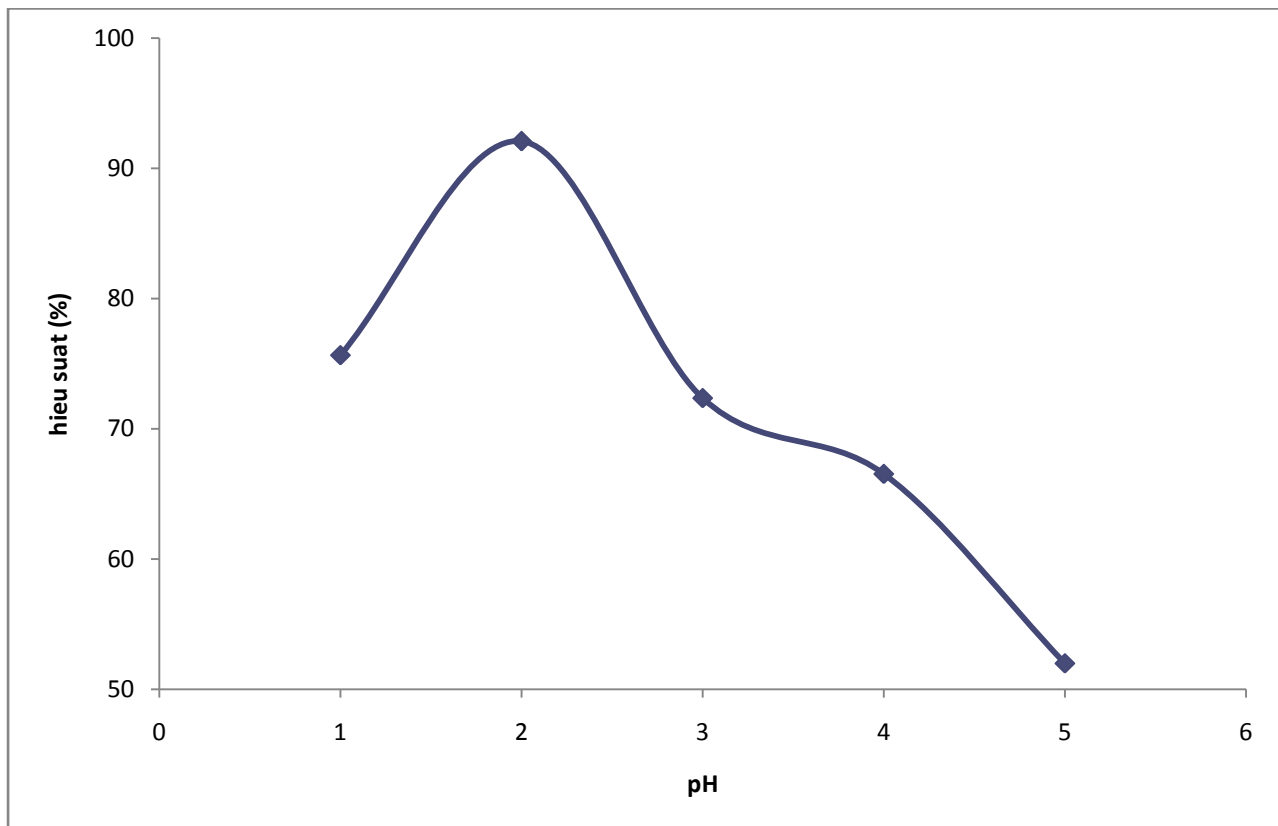
#### **III.4. Kết quả khảo sát ảnh hưởng của pH đến quá trình hấp phụ**

Lấy 5 bình nón có dung tích 250ml rồi đánh số thứ tự từ 1 đến 5. Cho vào mỗi bình 30ml dung dịch  $\text{Cu}^{2+}$  nồng độ 10mg/l và 1,8g vỏ lạc loại 1 đã được hoạt hóa. Điều chỉnh độ pH của các dung dịch lần lượt về 1 - 2 - 3 - 4 - 5. Đem lắc trong 60 phút (thời gian đạt cân bằng hấp phụ), lọc và làm tương tự như mẫu chuẩn. Kết quả thu được thể hiện ở bảng 3.4.

**Bảng 3.4. Ảnh hưởng của pH đến quá trình hấp phụ đồng**

| STT | pH       | ABS          | C <sub>f</sub> (mg/l) | Hiệu suất (%) |
|-----|----------|--------------|-----------------------|---------------|
| 1   | 1        | 2,570        | 2,435                 | 75,65         |
| 2   | <b>2</b> | <b>0,899</b> | <b>0,793</b>          | <b>92,07</b>  |
| 3   | 3        | 2,905        | 2,764                 | 72,36         |
| 4   | 4        | 3,498        | 3,347                 | 66,53         |
| 5   | 5        | 4,979        | 4,802                 | 51,98         |

Từ kết quả trên ta có đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc khả năng hấp phụ đồng trong dung dịch theo pH.



**Hình 3.4. Ảnh hưởng của pH đến quá trình hấp phụ đồng**

Kết quả thực nghiệm cho thấy: Khi pH tăng khả năng hấp phụ đồng của vật liệu tăng (hiệu suất quá trình xử lý tăng) và đạt cực đại tại pH = 2. Khi pH > 2 khả năng

hấp phụ đồng của vật liệu giảm (hiệu suất của quá trình xử lý giảm). Vậy khả năng hấp phụ đồng của vật liệu tốt nhất tại pH = 2. Chọn pH = 2 cho các nghiên cứu tiếp theo.

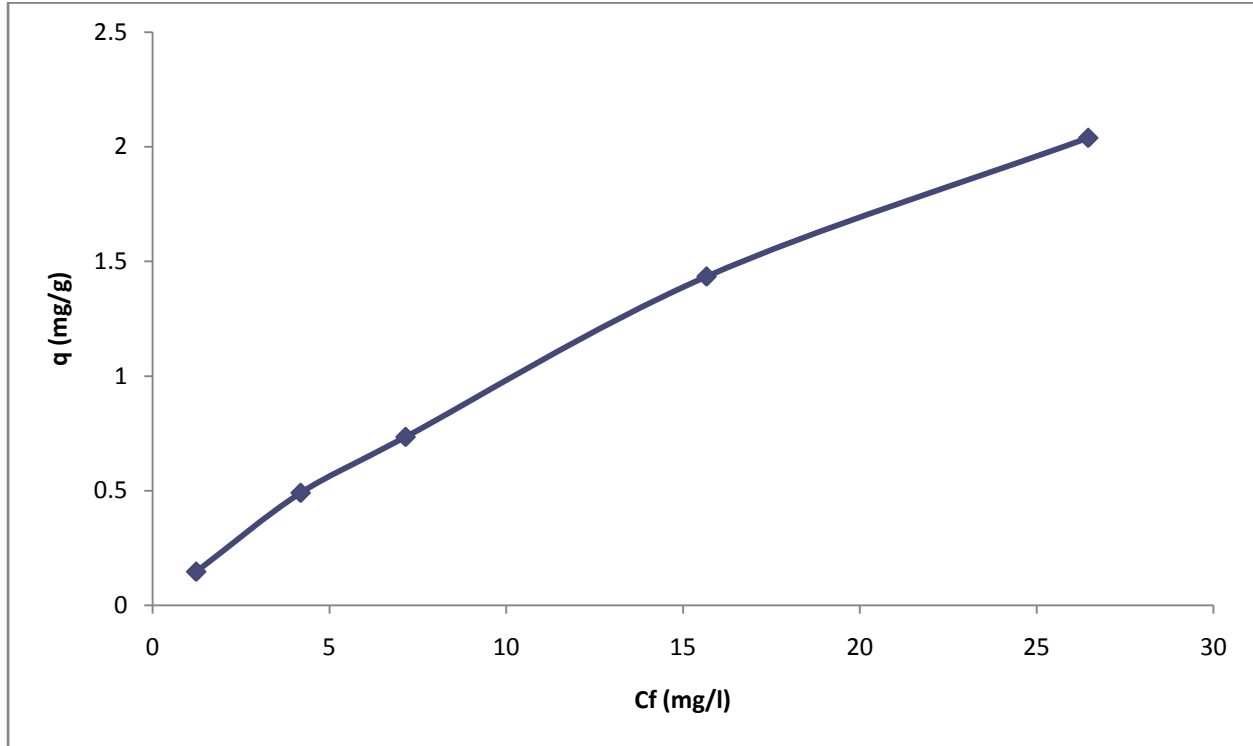
**III.5. Kết quả khảo sát sự phụ thuộc tải trọng hấp phụ vào nồng độ cân bằng của đồng**

Lấy 5 bình nón có dung tích 250ml rồi đánh số thứ tự từ 1 đến 5. Pha dung dịch đồng với các nồng độ khác nhau 10, 30, 50, 100, 150mg/l. Cho vào mỗi bình 30ml dung dịch Cu<sup>2+</sup> với nồng độ như trên và 1,8g vỏ lọc loại 1 đã được hoạt hóa . Điều chỉnh pH = 2 và tiến hành lắc trong khoảng thời gian 60 phút, lọc và xác định nồng độ đồng sau xử lý. Kết quả thu được thể hiện ở bảng 3.5.

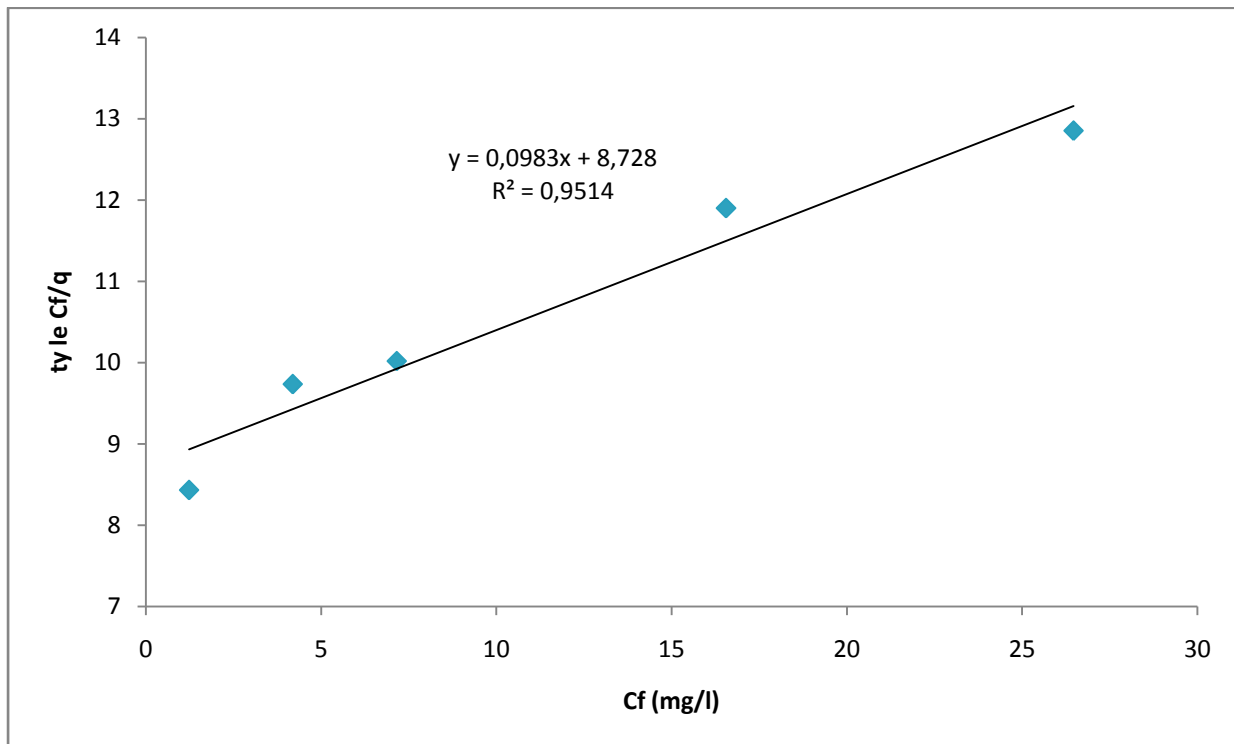
*Bảng 3.5. Kết quả khảo sát sự phụ thuộc tải trọng hấp phụ vào nồng độ cân bằng của đồng*

| STT | C <sub>i</sub> (mg/l) | ABS    | C <sub>f</sub> (mg/l) | Tải trọng hấp phụ q (mg/g) | Tỷ lệ C <sub>f</sub> /q |
|-----|-----------------------|--------|-----------------------|----------------------------|-------------------------|
| 1   | 10                    | 1,345  | 1,231                 | 0,146                      | 8,432                   |
| 2   | 30                    | 4,352  | 4,186                 | 0,430                      | 9,735                   |
| 3   | 50                    | 7,572  | 7,154                 | 0,711                      | 10,02                   |
| 4   | 100                   | 16,035 | 15,667                | 1,406                      | 11,143                  |
| 5   | 150                   | 27,019 | 26,463                | 2,059                      | 12,852                  |

Từ kết quả trên ta vẽ đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của tải trọng hấp phụ vào nồng độ cân bằng C<sub>f</sub> của đồng và đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của C<sub>f</sub>/q vào nồng độ cân bằng C<sub>f</sub>:



Hình 3.5. Sự phụ thuộc của tải trọng hấp phụ  $q$  vào nồng độ cân bằng  $C_f$  của  $Cu^{2+}$  trong dung dịch



Hình 3.6. Sự phụ thuộc  $C_f/q$  vào nồng độ cân bằng  $C_f$

Ta thấy sự hấp phụ  $\text{Cu}^{2+}$  được miêu tả tương đối tốt bằng mô hình hấp phụ đẳng nhiệt Langmuir ở cả vùng có nồng độ cao và vùng có nồng độ thấp.

Theo phương trình đẳng nhiệt Langmuir ta có:

$$tg\alpha = 1/q_{max}$$

Từ phương trình biểu diễn sự phụ thuộc của  $C_f/q$  vào  $C_f$  ta tính được:

$$tg\alpha = 0,0983$$

Từ đó ta suy ra  $q_{max} = 10,17$  (mg/g)

**III.6. Kết quả khảo sát khả năng giải hấp, tái sinh vật liệu hấp phụ đối với đồng**

Để khảo sát khả năng giải hấp đầu tiên lấy 30ml dung dịch  $\text{Cu}^{2+}$  nồng độ 10mg/l và 1,8g vỏ lạc loại 1 đã được hoạt hóa cho vào bình nón 250ml đem lắc trong 60 phút. Sau đó, đem lọc và làm tương tự như đối với mẫu chuẩn. Kết quả thu được thể hiện ở bảng 3.6.

**Bảng 3.6. Kết quả hấp phụ  $\text{Cu}^{2+}$  bằng vật liệu hấp phụ**

| Nguyên tố        | $C_i$ (mg/l) | $C_f$ (mg/l) | Hiệu suất (%) |
|------------------|--------------|--------------|---------------|
| $\text{Cu}^{2+}$ | 10           | 0,807        | 91,93         |

Tiến hành tách  $\text{Cu}^{2+}$  ra khỏi vật liệu bằng dung dịch  $\text{HNO}_3$  1M, quá trình giải hấp được tiến hành 3 lần, mỗi lần cần 50ml dung dịch  $\text{HNO}_3$ . Xác định nồng độ  $\text{Cu}^{2+}$  sau giải hấp bằng phương pháp trắc quang. Từ đó tính được hàm lượng  $\text{Cu}^{2+}$  đã được rửa giải. Kết quả của quá trình được thể hiện ở bảng 3.7.

**Bảng 3.7. Kết quả giải hấp vật liệu hấp phụ bằng  $\text{HNO}_3$  1M**

| STT | Số lần rửa | Lượng $\text{Cu}^{2+}$ hấp phụ trong vật liệu | Lượng $\text{Cu}^{2+}$ được rửa giải | Hiệu suất(%) |
|-----|------------|---|--------------------------------------|--------------|
| 1   | Lần 1      | 8,924   | 5,159                                | 57,81        |
| 2   | Lần 2      | 3,765   | 2,071                                | 81,02        |
| 3   | Lần 3      | 2,094   | 1,147                                | 93,87        |

Dựa vào bảng số liệu trên, nhận thấy khả năng rửa giải vật liệu hấp phụ bằng  $\text{HNO}_3$  1M khá tốt. Ban đầu trong vật liệu hấp phụ chứa 8,924mg  $\text{Cu}^{2+}$  sau khi được rửa giải 3 lần thì chỉ còn lại 0,547mg  $\text{Cu}^{2+}$ , hiệu suất đạt 93,87%.

Để khảo sát khả năng tái sinh của vật liệu thực hiện như sau: Lấy 30ml dung dịch  $\text{Cu}^{2+}$  nồng độ 10mg/l cho vào bình nón 250ml cùng 1,8g vỏ lạc đã qua giải hấp ở trên đem lắc trong 60 phút. Sau đó đo nồng độ  $\text{Cu}^{2+}$  sau khi lắc.

**Bảng 3.8. Kết quả tái sinh vật liệu hấp phụ**

| <b>Vật liệu hấp phụ</b> | <b><math>C_i</math> (mg/l)</b> | <b><math>C_f</math> (mg/l)</b> | <b>Hiệu suất (%)</b> |
|-------------------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------------|
| Vỏ lạc                  | 10                             | 0,951                          | 90,49                |

Từ kết quả trên cho thấy khả năng hấp phụ của vật liệu hấp phụ sau khi giải hấp vẫn rất khả quan, hiệu suất đạt 90,49%.

## KẾT LUẬN

Trong quá trình thực nghiệm đề tài khóa luận “ *Nghiên cứu khả năng tách loại  $Cu^{2+}$  trong nước bằng vật liệu hấp phụ chế tạo từ vỏ lạc* ” em đã thu được một số kết quả sau:

1. Khảo sát ảnh hưởng của khối lượng vật liệu đến quá trình hấp phụ đối với ion  $Cu^{2+}$ , kết quả cho thấy khối lượng vật liệu hấp phụ đối với ion kim loại  $Cu^{2+}$  là 1,8g vỏ lạc.

2. Khảo sát ảnh hưởng của kích thước vật liệu đến quá trình hấp phụ đối với ion  $Cu^{2+}$ , kết quả cho thấy kích thước vật liệu hấp phụ đạt tối ưu đối với ion kim loại  $Cu^{2+}$  là kích thước nhỏ.

3. Khảo sát thời gian đạt cân bằng hấp phụ của vật liệu đối với ion  $Cu^{2+}$ , kết quả cho thấy thời gian đạt cân bằng hấp phụ của vật liệu đối với ion kim loại  $Cu^{2+}$  là 60 phút.

4. Khảo sát khả năng hấp phụ của vật liệu theo pH, thấy được pH thích hợp nhất cho ion kim loại  $Cu^{2+}$  là  $pH = 2$ .

5. Mô tả quá trình hấp phụ theo mô hình Langmuir của ion  $Cu^{2+}$  và thu được giá trị tải trọng hấp phụ cực đại đối với ion kim loại  $Cu^{2+}$  là  $q_{max} = 10,17$  (mg/g).

6. Khảo sát quá trình hấp phụ động của vật liệu, khả năng hấp phụ của vật liệu khá tốt. Vật liệu sau khi giải hấp được hấp phụ lại với hiệu suất khá quan:

$$H = 90,49\%$$

Có thể thấy, việc sử dụng vật liệu hấp phụ được chế tạo từ vỏ lạc trong quá trình xử lý nguồn nước bị ô nhiễm kim loại tỏ ra có nhiều ưu điểm. Vật liệu hấp phụ chế tạo từ nguồn nguyên liệu tự nhiên, rẻ tiền, dễ kiếm, đạt hiệu quả xử lý kim loại cao, quy trình xử lý đơn giản và an toàn với môi trường. Từ đó, tạo cơ sở cho việc triển khai ứng dụng vật liệu hấp phụ chế tạo được vào xử lý môi trường



## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] **Đặng Đình Bạch, Phạm Văn Thường,**  
*Giáo trình cơ sở hóa học môi trường, (1999), NXB Khoa Học Kỹ Thuật Hà Nội.*
- [2] *Các tiêu chuẩn nhà nước Việt Nam về môi trường, (1999) NXB Khoa Học Kỹ Thuật Hà Nội.*
- [3] **Nguyễn Văn Dục, Nguyễn Dương Tuấn Anh,**  
*Ô nhiễm nước bởi kim loại nặng ở khu vực công nghiệp, tạp chí Khoa Học, NXB ĐHQG Hà Nội.*
- [4] **Lò Văn Huynh,**  
*Nghiên cứu sử dụng than hoạt tính để loại bỏ một số chất hữu cơ trong môi trường nước.*
- [5] **Phạm Luận,**  
*Cơ sở lý thuyết các phương pháp phổ quang học, (1999) Hà Nội.*
- [6] **Phạm Luận,**  
*Sổ tay pha chế dung dịch, (1989) Hà Nội.*
- [7] **Hoàng Nhâm,**  
*Hóa học vô cơ, tập 3, NXB Giáo Dục.*
- [8] **Trần Văn Nhân, Ngô Thị Nga,**  
*Giáo trình công nghệ xử lý nước thải, (2002) NXB Khoa Học Kỹ Thuật Hà Nội.*
- [9] **Trần Văn Nhân, Nguyễn Thạc Sửu, Nguyễn Văn Tuế,**  
*Giáo trình hóa lý tập 2, (1997) NXB Giáo Dục.*
- [10] **Đoàn Thị Thanh Nhân,**  
*Giáo trình cây công nghiệp, (1996) NXB Nông Nghiệp Hà Nội.*
- [11] **Trịnh Thị Thanh,**

*Độc học môi trường và sức khỏe con người, (2000), NXB ĐHQG Hà Nội.*

[12] **Lê Đức Trung, Nguyễn Ngọc Linh, Nguyễn Thị Thanh Thúy,**

*Sử dụng vật liệu hấp phụ tự nhiên để xử lý kim loại nặng trong bùn thải công nghiệp, Viện Môi Trường và Tài Nguyên, ĐHQG – HCM.*

[13] *<http://www.ebooks.edu.vn>*

[14] *<http://www.vnplus.vn>*

[15] *<http://www.monre.gov.vn>*