

NGHIÊN CỨU XỬ LÝ NƯỚC THẢI SINH HOẠT BẰNG MÔ HÌNH HỒ THỦY SINH NUÔI BÈO LỤC BÌNH

PHẠM KHÁNH HUY, NGUYỄN PHẠM HỒNG LIÊN, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội
ĐỖ CAO CƯỜNG, NGUYỄN MAI HOA, Trường Đại học Mỏ - Địa chất

Tóm tắt: Xử lý nước thải bằng phương pháp tự nhiên được biết đến là nhóm phương pháp đơn giản, ít tốn năng lượng, hạn chế việc sử dụng hóa chất trong quá trình xử lý mà sử dụng các hợp phần có sẵn trong tự nhiên. Trong nghiên cứu này, tác giả sử dụng Bèo lục bình để xử lý nước thải sinh hoạt với hiệu quả xử lý như sau: chất rắn lơ lửng đạt $90 \div 95\%$, COD, BOD₅ đạt 70%, Phốt pho tổng giảm tới 75%, Nitơ tổng giảm tới 88% và chất lượng nước sau xử lý đạt mức A theo QCVN 14: 2008/BTNMT và QCVN 40: 2011/BTNMT. Kết quả nghiên cứu cho thấy có thể sử dụng bèo lục bình cho xử lý nước thải sinh hoạt, thích hợp cho qui mô vừa và nhỏ như các khu vực ven đô, nông thôn nơi có diện tích rộng hay trong các khu đô thị với mục đích vừa xử lý nước thải sinh hoạt vừa tạo cảnh quan môi trường.

1. Giới thiệu chung

Nước thải sinh hoạt (NTSH) tại các khu dân cư tập trung, khu đô thị, vùng ven đô của những thành phố lớn tại Việt Nam hầu như chưa được xử lý hay mới chỉ được xử lý bằng các hệ thống đơn giản như bể tự hoại..., chất lượng nước chưa đạt yêu cầu xả ra ngoài môi trường, đây là nguồn gây ô nhiễm môi trường sống, lây lan dịch bệnh.

Với điều kiện kinh tế của Việt Nam, việc nghiên cứu, ứng dụng công nghệ xử lý nước thải bằng phương pháp đơn giản, tận dụng điều kiện sẵn có, chi phí xây dựng vận hành thấp nhưng vẫn đảm bảo các các tiêu chuẩn môi trường đang là một trong những hướng đi hợp lý. Phương pháp hồ thủy sinh được biết là một trong nhóm các phương pháp tự nhiên đã và đang được ứng dụng nhiều nơi trên thế giới và không chỉ để xử lý NTSH mà còn cho nước thải công nghiệp và trong nhiều lĩnh vực khác. Ý nghĩa của phương pháp ngoài việc đơn giản, chi phí thấp mà còn có thể đem lại giá trị đa dạng sinh học, cải tạo cảnh quan môi trường sống, sinh khối thực vật được tạo ra còn tạo thành các sản phẩm có giá trị kinh tế.

Phương pháp hồ thủy sinh dựa trên cơ sở sử dụng các loại thực vật thủy sinh bậc cao có khả năng làm sạch các chất bẩn trong nước thải, tác dụng cơ bản của thực vật trong hệ thống thủy sinh sẽ tạo ra môi trường giàu oxy, tạo ra giá thể cho các loại vi sinh vật hiếu khí phát triển,

thúc đẩy các quá trình nitrat hóa, quá trình oxy hóa các chất hữu cơ có trong nước.

Các loại cây trồng trong hệ thống thường là các loại thực vật thủy sinh lưu niên, thân thảo, thân xộp, rễ chùm như sậy, cỏ, cỏ đuôi mèo, thủy trúc, rau mác, bèo tây,...

Cơ chế làm sạch nước thải xảy ra như sau [2] :

- Loại bỏ chất hữu cơ có khả năng phân hủy sinh học: do sự tiếp nhận bởi thực vật, loại bỏ COD, BOD nhờ các vi sinh vật hiếu khí, kỵ khí bám trên phần thân, lá và rễ ngập nước của thực vật;

- Loại bỏ chất rắn: dựa trên cơ chế lắng trọng lực;

- Loại bỏ Nitơ: bởi 3 quá trình chính là quá trình Nitrat hoá (bằng việc oxy hóa NH₃, NH₄⁺ thành NO₂⁻ và NO₃⁻, được xảy ra theo hai giai đoạn nitrit hóa với sự tham gia của các vi khuẩn nitrit hóa như Nitrosomonas, Nitrococcus cystis, Nitrogloea, Nitrospira... và giai đoạn nitrat hóa với sự tham gia của vi khuẩn nitrat hóa như Nitrobacter), Quá trình denitrat hóa (quá trình trao đổi chất trong điều kiện thiếu oxy của vi khuẩn trong môi trường có ít hoặc không có oxy, quá trình này có chức năng cung cấp đầy đủ C để tổng hợp tế bào, phụ thuộc vào nhiệt độ, độ pH trung tính, diện tích bề mặt, khả năng thoát khí N₂.

$6\text{NO}_3^- + 5\text{CH}_3\text{OH} \rightarrow 5\text{CO}_2 + 3\text{N}_2 + 7\text{H}_2\text{O} + 6\text{OH}^-$
Sự bay hơi của amoniắc NH₄⁺ chuyển sang

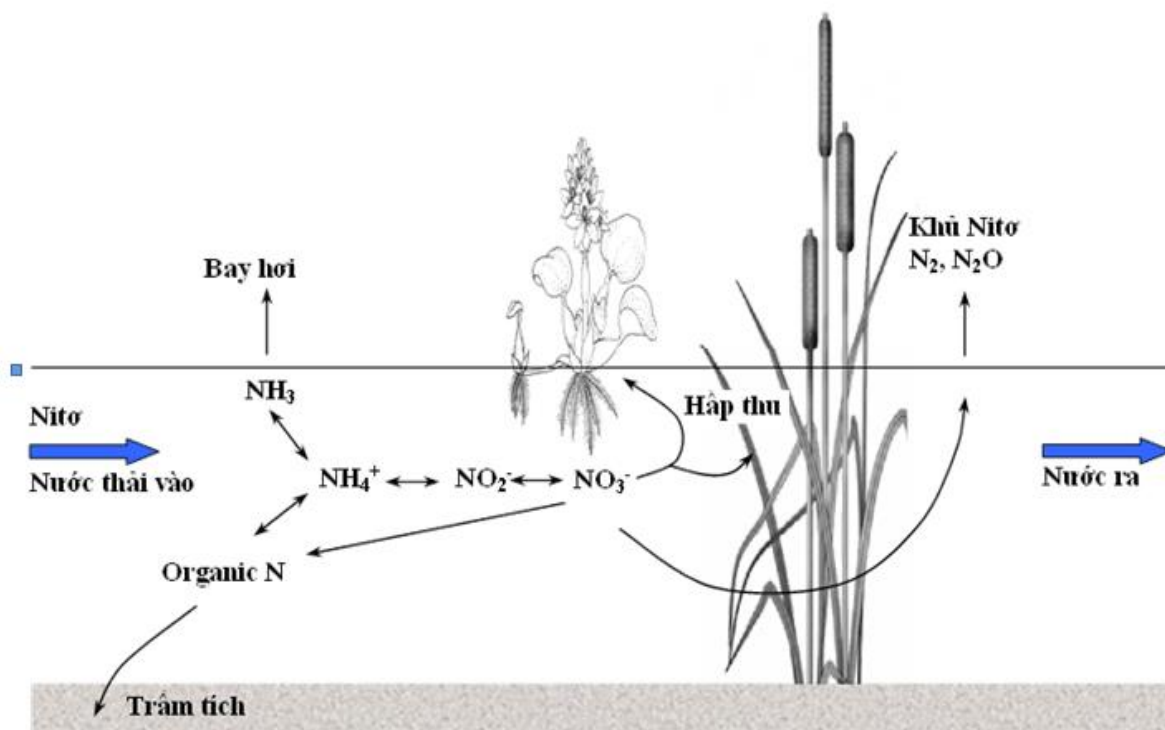
dạng NH₃ và bay hơi vào không khí, tiếp đến là do sự hấp thụ của thực vật;

- Loại bỏ Photpho: bởi quá trình hấp thụ của thực vật và đồng hoá của vi khuẩn, tạo phức và hấp phụ lên bề mặt hạt rắn hay các chất hữu cơ để kết tủa và lắng theo thời gian lớp trầm tích đó được nạo vét và xả bỏ;

- Loại bỏ kim loại nặng: các kim loại nặng hòa tan trong nước thải khi chạy qua hệ thống xử lý tự nhiên, chúng cũng được loại bỏ bởi các cơ chế kết tủa và lắng ở dạng hydroxit hoặc sunfua kim loại không tan trong vùng hiếu khí và yếm khí. Một phần được hấp thụ vào tế bào của thực vật thủy sinh cũng như các vi khuẩn

tiếp nhận hoặc cùng với chất rắn, thực vật chết lắng đọng vào trầm tích. Khi lượng bùn chứa kim loại nặng cũng như chất hữu cơ đạt tới giới hạn thì cần loại bỏ khỏi hệ thống tránh hòa tan ngược trở lại bằng việc nạo vét;

- Loại bỏ vi sinh vật gây bệnh: được loại bỏ nhờ các quá trình vật lý như dính kết, lắng, lọc, hấp phụ cũng dẫn đến sự tiêu diệt vi khuẩn, vi rút, do tồn tại trong điều kiện môi trường không thuận lợi với thời gian dài bởi tác động của các yếu tố lý-hoá của môi trường tự nhiên như nhiệt độ. Trong tự nhiên, bộ rễ của của một số loại thực vật ngập nước có thể sinh ra một số chất đặc biệt có thể sinh ra chất kháng sinh.



Hình 1. Sơ đồ chuyển hóa Nitơ trong hệ thống xử lý tự nhiên

2. Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

2.1. Đối tượng

Nhóm tác giả đã sử dụng cây bèo lục bình hay còn gọi là bèo tây hay bèo Nhật bản tên gọi khoa học *Eichhornia crassipes* để nghiên cứu khả năng xử lý các chất ô nhiễm có trong nước thải [2].

Tiến hành nghiên cứu đối với nước thải sinh hoạt được lấy trên hệ thống mương thu gom và dẫn nước thải sinh hoạt của khu vực dân cư lân cận trường Đại học Mở - Địa chất trước khi đổ ra sông Nhuệ.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

• Tính toán và xây dựng mô hình thí nghiệm hồ thủy sinh để xử lý NTSH:

- Mô hình thí nghiệm hồ thủy sinh để xử lý NTSH được xây dựng với kích thước như sau:

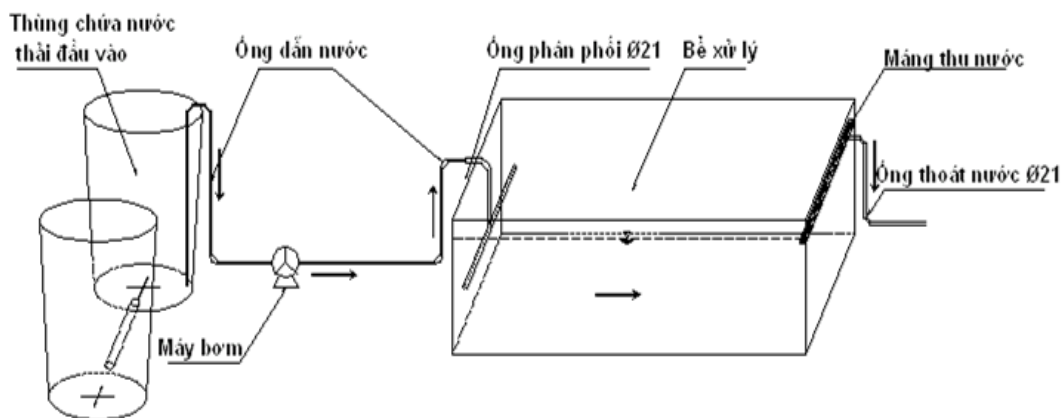
+ Tỷ lệ giữa chiều dài và chiều rộng của một hồ là 3:1;

+ Chiều dài bể: L = 1800 mm; Chiều rộng bể: R = 600 mm;

+ Chiều cao bể: H = 600 mm (chiều cao ngập nước 500mm);

+ Diện tích bề mặt: $S = 1,08 \text{ m}^2$; Thể tích phần ngập nước: $V = 540 \text{ lít}$.
 - Xác định các thông số vận hành tối ưu cho hệ thống hồ thủy sinh nhân tạo với các thông số cơ bản như: [3]

+ Thời gian lưu thủy lực – HRT; + Tải trọng thủy lực - HLR;
 + Tải trọng hữu cơ – OLR; + Lưu lượng.



Hình 2. Sơ đồ mô hình thí nghiệm xử lý tự nhiên



Hình 3. Mô hình thí nghiệm thực tế (được lắp đặt và vận hành tại trường Đại học Mở - Địa chất)

- Tiến hành nuôi thả bèo trong điều kiện nhân tạo và vận hành thí nghiệm;

- Phân tích các chỉ tiêu hóa lý, hóa sinh trong mẫu nước thải trước và sau xử lý với các chỉ tiêu như: COD, BOD₅, tổng Nitơ, tổng Phốtpho, NH₄⁺, PO₄³⁻, Coliform...

• Chế độ vận hành mô hình xử lý:

* Giai đoạn 1 (chuẩn bị): được thực hiện từ ngày 5/1 đến ngày 5/3/2012 bằng công tác lấy nước thải đưa vào bể xử lý. Chuẩn bị bèo và nuôi thả trong bể để thích nghi với môi trường nhân tạo. Từ ngày 20/2 đến ngày 6/3/2012,

chuẩn bị thí nghiệm tiến hành bơm tuần hoàn trong bể, lấy mẫu ở các vị trí đầu vào và đầu ra của bể xử lý, phân tích các chỉ tiêu, ghi lại các điều kiện môi trường, nhiệt độ khi lấy mẫu nước và khi cấp vào bể;

* Giai đoạn 2 (chạy thí nghiệm): được thực hiện từ ngày 6/3 đến ngày 16/7/2012, tiến hành vận hành liên tục với lưu lượng đầu vào là 30l/ngày.

* Giai đoạn 3 (chạy thí nghiệm): được thực hiện từ ngày 16/7 đến ngày 30/9/2012, tiến hành vận hành liên tục với lưu lượng đầu vào là 30l/ngày.

3. Kết quả và thảo luận

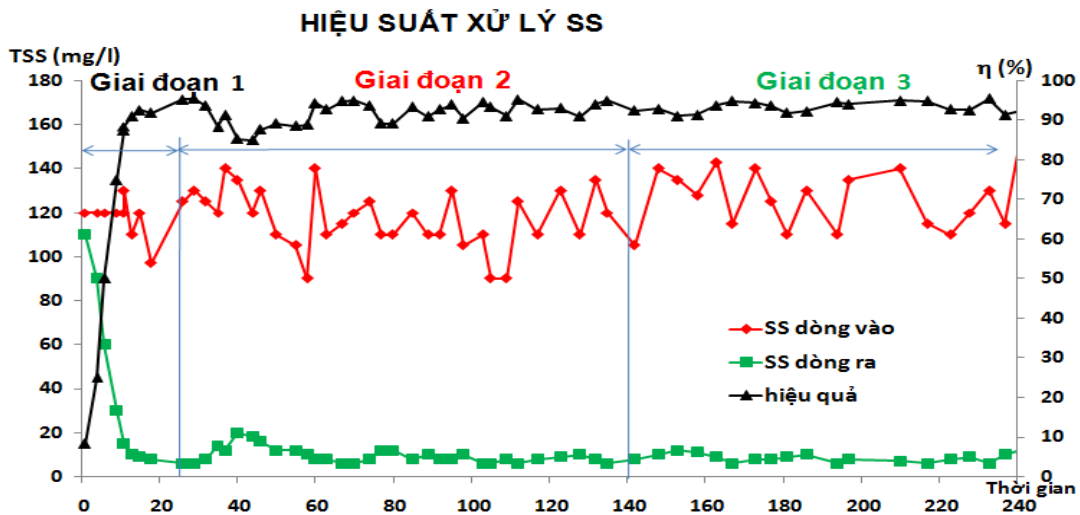
Theo kết quả nghiên cứu cho thấy các chỉ tiêu gây ô nhiễm trong nước thải tại khu vực

nghiên cứu tương đối lớn, nhiều chỉ tiêu cao hơn nhiều so cột A và B của QCVN40:2011/BTNMT và QCVN14:2008/BTNMT (bảng 1).

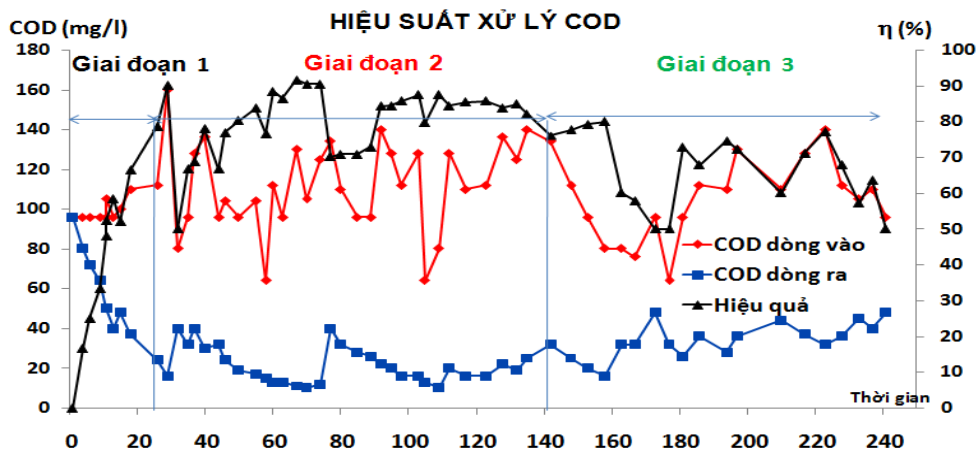
Bảng 1. Kết quả khảo sát mức độ ô nhiễm của nước thải năm 2012

TT	Chỉ tiêu phân tích	Đơn vị	Kết quả đo
1	pH	-	6.9 - 7.3
2	DO oxy hòa tan	mg/l	1.2
3	BOD ₅	mg/l	64 - 95
4	COD	mg/l	96 - 135
5	Chất rắn lơ lửng (TSS)	mg/l	90 - 140
6	Amoni (NH ₄ ⁺ tính theo N)	mg/l	12.6 - 21.0
7	Tổng Nitơ (TNK)	mg/l	31 - 37
8	Phosphat (PO ₄ ³⁻)	mg/l	2.4 - 7.26
9	Phốt pho tổng	mg/l	16 - 32
10	Tổng Coliforms	MPN/100ml	≥ 9000

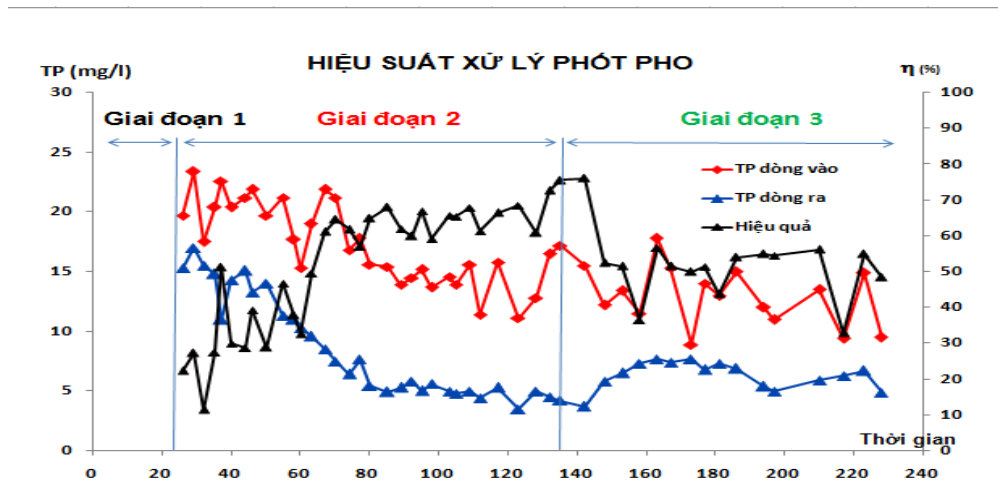
Hiệu quả xử lý nước thải được xử lý bằng bể tây được thể hiện trong hình 4, hình 5, hình 6, và hình 7.



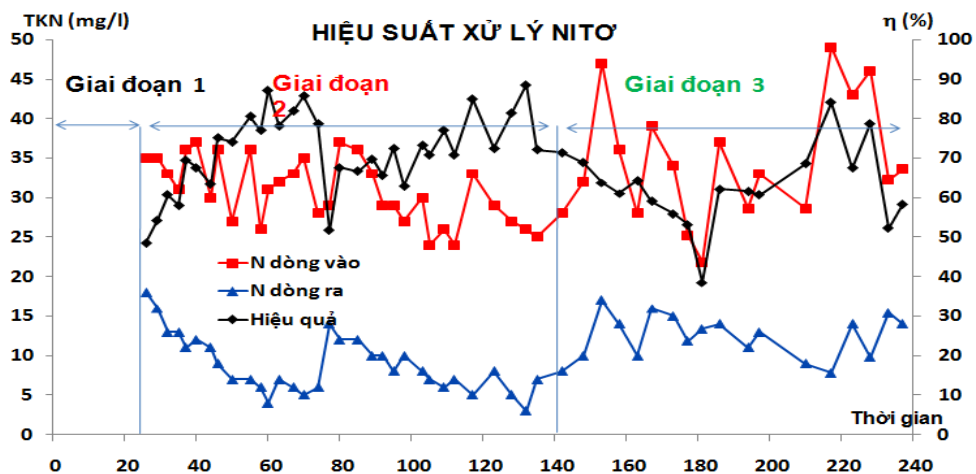
Hình 4. Kết quả xử lý SS theo thời gian



Hình 5. Kết quả xử lý COD theo thời gian



Hình 6. Kết quả xử lý Tổng Phốt Pho theo thời gian



Hình 7. Kết quả xử lý Tổng Nitơ theo thời gian

Như vậy, dựa trên đồ thị biểu diễn kết quả xử lý nước thải theo thời gian, tác giả có một số đánh giá về hiệu suất xử lý đối với các chỉ tiêu ô nhiễm trong NTSH như sau:

- **Chất rắn lơ lửng:**

Hàm lượng chất rắn lơ lửng trong nước thải đầu vào biến đổi trong phạm vi với giá trị lớn nhất là 140 mg/l và giá trị nhỏ nhất là 90mg/l trong suốt quá trình thực nghiệm. Trong giai đoạn đầu xử lý, ta thấy hàm lượng SS trong nước thải giảm tới 75% (chỉ sau 9 ngày), thấp hơn mức A của qui chuẩn QCVN 40:2011/BTNMT và QCVN 14:2008/BTNMT. Trong suốt giai đoạn 2 và giai đoạn 3 tương ứng với thời gian lưu là 18 và 10.8 ngày, giá trị SS trong nước thải đầu ra dao động từ 6 ÷ 12mg/l với hiệu suất đạt

từ 90 ÷ 95%, đạt được mức A theo qui chuẩn QCVN 14: 2008 and 40: 2011/BTNMT.

Điều này cho với thời gian lưu như trên việc loại bỏ SS khá ổn định, do chất rắn lơ lửng lắng xuống đáy trong quá trình xử lý cùng với sự phân hủy của vi sinh vật và thực vật đóng vai trò quan trọng trong quá trình loại bỏ chất rắn.

- **COD và BOD₅:**

Với hàm lượng COD và BOD₅ trong nước thải đầu vào từ 96 đến 160mg/l và từ 65 đến 95mg/l ta thấy trong giai đoạn 1 chuẩn bị thí nghiệm và phần đầu của giai đoạn 1 chạy liên tục với lưu lượng 30l/ngày, hiệu quả xử lý không cao đạt khoảng 48% đến 60% và có xu hướng tiếp tục giảm. Nguyên nhân có thể là do khoảng thời gian này nhiệt độ môi trường thấp, có thời điểm xuống tới 16°C, nhiệt độ này không thích

hợp cho việc phát triển của bèo. Phần sau của giai đoạn 1 hiệu quả xử lý khá cao, kết quả trong nước thải đầu ra dao động trong khoảng từ 10 đến 40mg/l với COD và 8 đến 26mg/l với BOD₅, đạt loại A theo qui chuẩn QCVN 40:2011/BTNMT và QCVN 14:2008/BTNMT.

Khi chuyển sang giai đoạn 3 tăng lưu lượng xử lý lên 50l/ngày, nồng độ COD và BOD₅ trong nước thải đầu tăng lên và hiệu quả xử lý trung bình chỉ còn đạt 63%. Tuy nhiên theo kết quả tính toán tải trọng xử lý của hệ thống vẫn tăng lên khoảng 1.4 lần từ 18 kgBOD₅/ha.ngày lên 26 kgBOD₅/ha.ngày.

- **Phốt Pho:**

Với hàm lượng phốt pho trong nước thải đầu vào có thời điểm cao gấp 3,5 lần so với mức B của qui chuẩn QCVN 40:2011/BTNMT, trong nửa đầu của giai đoạn 2 hàm lượng Phốt pho liên tục giảm nhưng vẫn cao hơn giá trị cho phép có xu hướng tiếp tục giảm, ở nửa sau giai đoạn 2 hàm lượng Phốt pho trong nước thải đầu ra giảm xuống và ổn định hơn, giá trị còn từ 3,5 đến 6 mg/l. Theo các nghiên cứu trước cho biết, quá trình loại bỏ Phốt pho trong hệ thống cơ bản dựa trên quá trình đồng hoá của vi khuẩn, tạo phức và hấp phụ lên bề mặt hạt rắn hay các chất hữu cơ để kết tủa và lắng theo thời gian vào lớp trầm tích, cũng như được thực vật tiếp nhận. Do đó, trong thời gian đầu của giai đoạn 2, với điều kiện thời tiết lạnh không thuận lợi cho sự phát triển thực vật thủy sinh, hàm lượng Phốt pho giảm là do quá trình lắng đọng còn giai đoạn tiếp sau việc loại bỏ Phốt pho cao hơn do không chỉ bởi các quá trình hóa học, vật lý mà còn các quá trình sinh học, hiệu quả xử lý trong giai đoạn 2 đạt tới 61%.

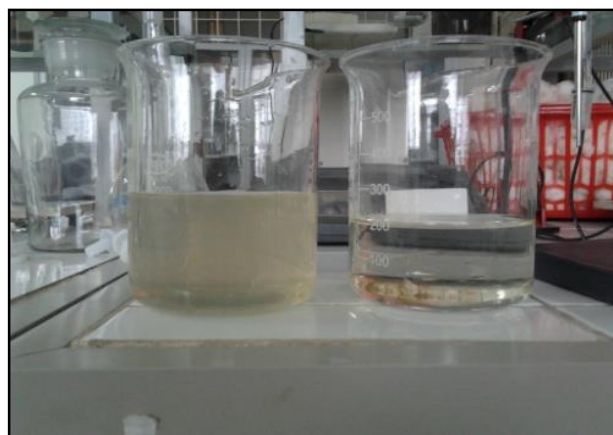
Khi chuyển sang giai đoạn 3 tăng lưu lượng xử lý lên 50l/ngày hàm lượng phốt pho trong nước thải đầu ra tăng lên, hiệu quả xử lý giảm, trung bình chỉ đạt 50%. Hàm lượng Phốt pho tổng trong nước thải đầu ra từ 4 đến 8mg/l, đạt mức B của qui chuẩn QCVN 40:2011/BTNMT.

- **Nitơ**

Kết quả nghiên cứu trong giai đoạn 2 ta thấy mô hình xử lý nước thải bằng bèo lục bình có thể

loại bỏ được tới 75% lượng Nitơ tổng có trong nước thải đầu vào, với nồng độ trung bình từ 28 ÷ 35 mg/l và lượng Nitơ tổng tại đầu ra trung bình từ 6 ÷ 12 mg/l. Hàm lượng amoni trong nước thải đầu từ 12,6 ÷ 21.0mg/l, cao hơn 1,5 đến 2,8 lần so với mức A của qui chuẩn QCVN 40: 2011/BTNMT trong đầu ra 3,5 ÷ 6,7 mg/l.

Trong giai đoạn 3 hiệu quả xử lý tổng Nitơ giảm, trung bình chỉ được 63% so với nồng độ đầu vào. Điều này có thể cho thấy việc tăng lưu lượng xử lý ảnh hưởng đến hiệu suất xử lý đối với các chất gây ô nhiễm. Tuy nhiên sau khi đi qua mô hình xử lý bằng bèo lục bình nồng độ nitơ trong nước thải đầu ra vẫn đạt dưới mức A (QCVN 40: 2011/BTNMT)



Hình 8. Chất lượng nước đầu vào và đầu ra

4. Kết luận

Theo kết quả thực nghiệm bằng mô hình hồ thủy sinh ta thấy bèo lục bình có khả năng xử lý các chất dinh dưỡng COD, BOD₅, chất rắn lơ lửng, Nitơ và Phốt pho trong nước thải sinh hoạt mà không phải sử dụng thêm bất kỳ hóa chất nào khác.

Với lưu lượng thực nghiệm 30 và 50 lít/ngày (ứng 300 và 500m³/ha ngày) ứng với thời gian lưu trong hệ thống là 18 và 10,8 ngày, nồng độ các chất dinh dưỡng COD, BOD₅, Nitơ, Phốt pho và chất rắn lơ lửng SS trong nước thải đầu ra sau xử lý đều thấp hơn mức A của QCVN 40:2011/BTNMT và QCVN 14:2008/BTNMT đối với nước thải sinh hoạt và nước thải công nghiệp.

Xử lý nước thải bằng thực vật thủy sinh là công nghệ rẻ tiền, phù hợp với điều kiện của

Việt Nam, có thể áp dụng cho qui mô nhỏ và vừa như cho các hộ, cụm hộ gia đình hay các khu vực dân cư ven thành phố, các điểm du lịch sinh thái, làng nghề, trang trại. Tuy nhiên cần chú ý tới các điều kiện thực tế như thời tiết, nhiệt độ, ánh sáng cho bèo sinh trưởng và phát triển, lưu lượng, thời gian lưu nước của hệ thống để khả năng xử lý luôn được duy trì và đạt hiệu quả cao.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Lê Văn Cát, 2007. Xử lý nước thải giàu hợp

chất chứa Nitơ và phốt pho, Nhà xuất bản Khoa học tự nhiên và Công nghệ, Hà Nội.

[2]. Michael Edward, 1998. Constructed wetlands for agricultural wastewater treatment. Civil engineering submitted to the graduate faculty of Texas Tech University in partial fulfillment of the requirements for the Degree of Master of Science, August 1998.

[3]. Chongrak Polprasert. Organic waste recycling, Environment Engineering program Asian Institute of technology Bangkok, Thailand.

SUMMARY

Using aquatic system with hyacinth to treat domestic wastewater

Pham Khanh Huy, Do Cao Cuong, Nguyen Mai Hoa,

Hanoi University of Mining and Geology

Nguyen Pham Hong Lien, *Hanoi University of Science and Technology*

Aquatic plant system is one of the natural methods for municipal wastewater treatment. It is environmental friendly method can achieve high performance with low operating costs, and can increase biodiversity value and improve landscape. Products can be used directly or after processing as soil additives, fertilizer, pulp and fiber for paper making, animal feed, biogas production and human food.

In this research, author using water hyacinth is a main aquatic plants kind to treat wastewater by building a aquatic pond model. During operating time water of the influent and effluent were analysed polluted parameter as SS, COD, BOD5, TP, TN...

The results show that, quality of wastewater after reactor reaches a level of Vietnamese standard QCVN 14: 2008/BTNMT and QCVN 40: 2011/BTNMT. Treatment efficiency for suspended solids reached 90-95%; COD, BOD5 reached 70%; TP reached 61% and TNK reached 75%.