

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

BỘ XÂY DỰNG

TRƯỜNG ĐẠI HỌC KIẾN TRÚC HÀ NỘI

PHẠM VĂN DOANH

**NGHIÊN CỨU CÔNG NGHỆ SBR SỬ DỤNG
BÙN HẠT HIẾU KHÍ ĐỂ XỬ LÝ NƯỚC THẢI
ĐÔ THỊ**

Chuyên ngành : Kỹ thuật cơ sở hạ tầng

Mã số: 62.58.02.10

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIỀN SĨ KỸ THUẬT

Hà Nội, 2022

Luận án được hoàn thành tại:
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KIẾN TRÚC HÀ NỘI

Người hướng dẫn khoa học:

- 1. PGS.TS. Trần Thị Việt Nga**
- 2. PGS.TS. Nguyễn Thị Ngọc Dung**

Phản biện 1: PGS.TS. Lều Thọ Bách

Phản biện 2: PGS.TS. Đoàn Thu Hà

Phản biện 3: PGS.TS. Nghiêm Vân Khanh

**Luận án sẽ được bảo vệ trước hội đồng chấm luận án Tiến sĩ cấp
trường tại trường Đại Học Kiến Trúc Hà Nội**

Vào hồi.....giờ.....ngày.....tháng.....năm 2022

Luận án có thể tìm tại:

- Thư viện Quốc Gia**
- Thư viện trường Đại Học Kiến Trúc Hà Nội**

MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của luận án

Hiện nay, tại Việt Nam mới chỉ có 10% ÷ 15% lượng nước thải đô thị được thu gom và xử lý [18]. Hệ thống thu gom nước thải tại các đô thị của Việt Nam phần lớn là hệ thống thoát nước chung. Vì vậy thông số thực tế vận hành đối với các thông số như: COD, BOD₅, T-P thấp hơn nhiều so với thiết kế [18]. Điều này dẫn đến phần lớn các nhà máy xử lý nước thải tại Việt Nam làm việc không đạt hiệu quả như thiết kế. Tại Việt Nam áp dụng nhiều công nghệ xử lý nước thải (XLNT), tuy nhiên nếu tính theo công suất thì công nghệ SBR chiếm số lượng lớn nhất là 43,8% [18].

Bùn hạt hiếu khí đã được ứng dụng trong bể phản ứng theo mẻ SBR từ những năm 1970 và nó đã được nghiên cứu sâu rộng trong những năm sau đó với các chất nền khác nhau [11; 19]. Các nghiên cứu cho thấy bùn hạt hiếu khí có thể ứng dụng rộng rãi với các chất nền khác nhau và các loại nước thải khác nhau. Nhiều nghiên cứu trên thế giới cho thấy bùn hạt hiếu khí có thể thích ứng với các loại nước thải có mức độ tải trọng hữu cơ khác nhau; theo nghiên cứu của Moy và các cộng sự (2002) [67], bùn hạt hiếu khí có thể thích ứng với nước thải có tải trọng hữu cơ (OLR) từ 2,5 ÷ 15 kgCOD/m³.ngày, hoặc nghiên cứu của Liu và cộng sự (2007) [46], chứng minh bùn hạt hiếu khí có kết cấu hạt tốt, có khả năng duy trì sinh khối cao, và có thể xử lý các hợp chất độc hại có trong nước thải [21]. Vì vậy mà nó được ứng dụng để xử lý nước thải sinh hoạt, nước thải của các nhà máy chế biến thực phẩm, nước thải chăn nuôi, nước thải công nghiệp, nước thải nhà máy thuộc da, nước thải lò mổ, nước thải nhà máy sản xuất rượu bia [35]... Đó là sự đảm bảo tin cậy cho những nghiên cứu ứng dụng bùn hạt hiếu khí bằng công nghệ xử lý theo mẻ (SBR) để xử lý nước thải đô thị tại Hà Nội.

Các đề tài nghiên cứu trong nước và quốc tế tập trung vào đánh giá hiệu quả loại bỏ chất hữu cơ; nitơ; phốt pho; nghiên cứu về tối ưu hóa các thông số vận hành để đảm bảo quá trình nuôi cấy bùn hạt hiếu khí đối với nước thải công nghiệp, nước rỉ rác, nước thải của các nhà máy chế biến thực phẩm, nước thải chăn nuôi, nước thải công nghiệp, nước thải nhà máy thuộc da, nước thải lò mổ, nước thải nhà máy sản xuất rượu bia... Tuy nhiên chưa có nghiên cứu nào đi sâu với nước thải đô thị Việt Nam nói chung và tại Hà Nội nói riêng.

Luận án: “**Nghiên cứu công nghệ SBR sử dụng bùn hạt hiếu khí để xử lý nước thải đô thị**” là cần thiết, đáp ứng được nhu cầu thực tiễn về vấn đề XLNT đô thị tại Việt Nam hiện nay.

2. Mục tiêu nghiên cứu

Mục tiêu chung: Nghiên cứu tính khả thi của việc nuôi cấy bùn hạt hiếu khí và ứng dụng bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ SBR để XLNT đô thị trong điều kiện Việt Nam.

Mục tiêu cụ thể: Xác định được quy trình và các thông số kỹ thuật tối ưu cho việc nuôi cấy bùn hạt hiếu khí trong phòng thí nghiệm; Đánh giá hiệu quả loại bỏ chất ô nhiễm (chất hữu cơ, Nitơ amoni NH_4^+ - N, T-N, T-P) của công nghệ SBR ứng dụng bùn hạt hiếu khí để XLNT đô thị tại Thành phố Hà Nội; Đánh giá khả năng áp dụng vào thực tế của việc ứng dụng bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ SBR để XLNT đô thị tại Việt Nam.

3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

- 3.1. Đối tượng nghiên cứu: Bùn hạt hiếu khí; nước thải đô thị có tải trọng hữu cơ thấp.
- 3.2. Phạm vi nghiên cứu: Nghiên cứu với nước thải nhân tạo quy mô phòng thí nghiệm; nghiên cứu với nước thải đô thị thực tế tại Thành Phố Hà Nội; các thông số kiểm soát trong quá trình nuôi cấy bùn hạt hiếu khí và các thông số vận hành hệ thống bể SBR ứng dụng bùn hạt hiếu khí quy mô phòng thí nghiệm.

4. Phương pháp nghiên cứu

Luận án sử dụng các nghiên cứu cơ bản gồm: 1/Phương pháp khảo sát, điều tra thu thập số liệu; 2/Kết quả nghiên cứu; 3/Nghiên cứu cơ sở lý thuyết; 4/Nghiên cứu bằng mô hình trong phòng thí nghiệm; 5/Phương pháp phân tích thực nghiệm; 6/Phương pháp chuyên gia; 7/So sánh đối chứng; 8/Phương pháp tổng hợp số liệu.

5. Ý nghĩa khoa học và tính thực tiễn

5. 1. Ý nghĩa khoa học

- Xác định các thông số để có thể nuôi cấy thành công bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ SBR quy mô phòng thí nghiệm trong điều kiện Việt Nam.
- Đánh giá hiệu quả xử lý nước thải của việc ứng dụng bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ SBR để XLNT đô thị có tải trọng hữu cơ thấp.

5. 2. Ý nghĩa thực tiễn

- Luận án đã nghiên cứu tổng quan về các đề tài nuôi cấy và sử dụng bùn hạt hiếu khí để XLNT bằng mô hình công nghệ bể SBR ở Việt Nam và trên thế giới: phân tích, đánh giá thực trạng các loại công nghệ XLNT đang áp dụng; Nghiên cứu phân tích và đánh giá quá trình nuôi cấy bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ SBR; Nghiên cứu phân tích và đánh giá cơ chế XLNT bằng bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ SBR đối với nước thải đô thị tại Hà Nội. Thông qua việc nghiên cứu trên mô hình thực nghiệm, xác định được các thông số kỹ thuật phục vụ trong việc tạo ra bùn hạt hiếu khí và ứng dụng vào XLNT đô thị, đối chứng với các nghiên cứu khác trong nước và trên thế giới.
- Kết quả nghiên cứu của luận án đáp ứng nhu cầu cấp thiết hiện nay về công nghệ XLNT phù hợp với đặc thù nước thải đô thị tại Việt Nam.
- Kết quả nghiên cứu của luận án là nguồn tài liệu tham khảo để giúp cho các nhà nghiên cứu có những hướng điều chỉnh, tối ưu hóa trong việc nuôi cấy bùn hạt hiếu khí phù hợp với điều kiện Việt nam.

6. Điểm mới của luận án

- Nuôi cây thành công bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ SBR trong phòng thí nghiệm tại Việt Nam với chất nền acetate OLR từ $2,7 \div 3,0$ ($\text{kgCOD/m}^3.\text{ngày}$) với cường độ sục khí $q = 12,5 \div 28,5$ ($\text{m}^3/\text{m}^2.\text{giờ}$) bằng thực nghiệm.
- Nghiên cứu ứng dụng thành công bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ SBR để XLNT đô thị ở Thành Phố Hà Nội có tải trọng hữu cơ thấp, làm cơ sở để cải tiến công nghệ SBR nhằm nâng cao hiệu quả xử lý nước thải đô thị trong điều kiện Việt Nam. Đề xuất dây chuyền công nghệ mới ứng dụng bùn hạt hiếu khí để XLNT đô thị tại Việt Nam.

7. Cấu trúc của luận án

Ngoài phần mở đầu, kết luận và kiến nghị, tài liệu tham khảo, phụ lục, luận án gồm 4 chương chính: Chương 1-Tổng quan vấn đề nghiên cứu; Chương 2 - Cơ sở khoa học của việc ứng công nghệ SBR sử dụng bùn hạt hiếu khí để xử lý nước thải đô thị; Chương 3 - Nghiên cứu thực nghiệm; Chương 4 - Kết quả và bàn luận.

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU

1.1. Tổng quan về nước thải đô thị tại Việt Nam

1.1.1. Các vấn đề chung

Việt Nam đang đối mặt với tình trạng ô nhiễm môi trường và lưu lượng nước thải đô thị tăng nhanh. Theo thống kê của bộ Xây Dựng (2019) tổng công suất nước thải đô thị tại Việt Nam khoảng 926.000 ($\text{m}^3/\text{ngày}$). Đến nay, cả nước có khoảng 70 nhà máy xử lý nước thải đô thị đã được xây dựng và vận hành, chỉ có $10\% \div 15\%$ lượng nước thải được xử lý [18].

Mạng lưới thu gom nước thải đô thị phần lớn là mạng lưới cống chung và thiếu đồng bộ, nên lượng nước thải đô thị được thu gom chưa triệt để, chất lượng nước thải đô thị không ổn định.

1.1.2. Đặc điểm thu gom nước thải đô thị Việt Nam

Hiện nay, phần lớn hệ thống thoát nước tại các đô thị lớn ở Việt Nam là hệ thống thoát nước chung. Theo báo cáo khảo sát quản lý thoát nước và XLNT tại Việt Nam của tổ chức JICA (2020) [18], có 60 trong tổng số 71 nhà máy XLNT có đầu vào là nước thải từ hệ thống thoát nước chung có OLR phổ biến khoảng $0,5 \div 1,2$ ($\text{kgCOD/m}^3.\text{ngày}$). Có $10 \div 11$ nhà máy XLNT có đầu vào là nước thải từ hệ thống thoát nước riêng có OLR khoảng $1,8 \div 3,5$ ($\text{kgCOD/m}^3.\text{ngày}$).

1.1.3. Đặc tính của nước thải đô thị tại Việt Nam

Phần lớn nước thải đô thị tại Việt Nam được thu gom từ hệ thống cống chung có đặc thù là nước thải loãng (có COD từ $90 \div 200$ mg/l; BOD_5 từ $47 \div 127$ mg/l; $\text{BOD}_5/\text{T-N}$ từ $1,6 \div 2,4$ mg/l). Một số nhà máy XLNT như: Buôn Ma Thuột - Đắc Lăk; Đà Lạt, Lâm Đồng tiếp nhận nước thải từ hệ thống thu gom riêng có đặc trưng là nước thải vừa và đặc (có COD từ $302 \div 564$ mg/l; BOD_5 từ $151 \div 336$ mg/l; $\text{BOD}_5/\text{T-N}$ từ $2,71 \div 3,61$ mg/l).

1.2. Tổng quan công nghệ XLNT đô thị tại Việt Nam

1.2.1. Công nghệ XLNT đô thị phổ biến tại Việt Nam

Các công nghệ XLNT đô thị tại Việt Nam có nhiều loại, hiện nay có 6 công nghệ chính áp dụng cho các nhà máy XLNT đô thị Việt Nam. Nếu tính theo công suất thì công nghệ SBR chiếm 43,81%; công nghệ CAS chiếm 16,7%; công nghệ Hồ chiếm 13%; công nghệ OD chiếm 9,5%; công nghệ TF chiếm 4,5% công suất; công nghệ A2O chiếm 6,9% công suất; công nghệ MBBR 1,5%; công nghệ AO 1,3%; công nghệ khác 1,5%.

1.2.2. Tổng quan về công nghệ SBR

Công nghệ xử lý nước thải SBR là do quá trình cải tiến từ công nghệ bùn hoạt tính truyền thống. Bể phản ứng theo mẻ (SBR) là quy trình công nghệ bùn hoạt tính vận hành theo chu kỳ “nạp nước, sục khí, nghỉ, xả nước”. Trên thế giới bể phản ứng theo mẻ được bắt đầu nghiên cứu từ những năm 1970, thậm chí từ những năm 1914 các thiết kế bể xử lý nước thải của Arden và Lockett thì các bể này đã vận hành theo nguyên tắc của bể SBR.

1.2.3. Hiện trạng quản lý vận hành các nhà máy XLNT tại Việt Nam

a. Công suất vận hành thực tế và công suất thiết kế tại các nhà máy XLNT

Hầu hết các nhà máy XLNT đô thị tại Việt Nam hoạt động không hết công suất thiết kế, công suất hoạt động của các nhà máy dao động phổ biến $50 \div 70\%$ công suất thiết kế.

b. Chất lượng nước thải đầu vào tại các nhà máy XLNT

Chất lượng nước thải đầu vào các nhà máy XLNT có sự khác biệt về đặc tính giữa hai phương pháp thu gom của hệ thống thoát nước là: hệ thống thoát nước chung và hệ thống thoát nước riêng.

c. Chất lượng nước thải đầu ra tại các nhà máy XLNT

Hầu hết các nhà máy XLNT đều xử lý đạt tiêu chuẩn, quy chuẩn hiện hành của Việt Nam Quy chuẩn 14:2008/BTNMT: Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải sinh hoạt. Tuy nhiên việc loại bỏ T-N và T-P còn hạn chế [18].

1.3. Tổng quan về bùn hạt hiếu khí

1.3.1. Giới thiệu chung về bùn hạt hiếu khí

Bùn hạt hiếu khí có thể được định nghĩa là sinh khối vi khuẩn sử dụng các chất dinh dưỡng có trong nước thải. Sinh khối vi sinh vật dạng hạt được mô tả như là một tập hợp của các vi sinh vật có mật độ dày đặc và nhỏ gọn với hình dáng bên ngoài là hình cầu. Khái niệm về bùn hạt hiếu khí đã được phát triển trong những năm gần đây. Bùn hạt hiếu khí là quá trình tự cố định của các vi sinh vật thành một khối hình cầu.

1.3.2. Đặc điểm và tính chất của bùn hạt hiếu khí

Hình dáng hình học của bùn hạt hiếu khí là dạng hình cầu. Đường kính trung bình của hạt hiếu khí thay đổi trong khoảng $0,2 \div 5$ (mm). Trọng lượng riêng của bùn hạt hiếu khí thông thường vào khoảng $1,004 \div 1,065$. Vận tốc lắng của bùn hạt hiếu khí có liên quan chặt chẽ với kích thước hạt và cấu trúc hạt, vận tốc lắng dao động $30 \div 70$ (m/h), vận tốc lắng của bùn hạt hiếu khí cao hơn tối thiểu ba lần so với bùn hoạt tính thông thường [52; 53]. Quần thể vi sinh vật trong bùn hạt hiếu khí đa dạng hơn so với bùn hoạt tính thông

thường [52; 53].

1.4. Các nghiên cứu có liên quan

1.4.1. Các nghiên cứu trong nước

Hiện nay, trong nước cũng có một số đề tài tập trung nghiên cứu bùn hạt hiếu khí với nước thải công nghiệp: như nghiên cứu cơ chế hình thành bùn hạt, nghiên cứu ảnh hưởng của lưu lượng sục khí đến quá trình hình thành hạt, hoặc nghiên cứu hiệu quả XLNT của bùn hạt hiếu khí đối với nước thải công nghiệp.

1.4.2. Các nghiên cứu trên thế giới

Trên thế giới việc nghiên cứu bùn hạt hiếu khí trên trong bể phản ứng theo mẻ SBR từ những năm 1970 với các chất nền khác nhau. Những nghiên cứu này chủ yếu nghiên cứu cơ chế hình thành bùn hạt như: nghiên cứu về thủy động lực và cường độ sục khí, thời gian phân phối khí, lưu lượng sục khí.

1.4.3. Các vấn đề còn tồn tại và hướng nghiên cứu của luận án

a. Các vấn đề còn tồn tại

Nước thải đô thị có chỉ số COD thấp (COD từ 90 ÷ 200 mg/l) vì tiếp nhận nước thải từ hệ thống cống chung. Một số nhà máy XLNT nhận nước thải từ hệ thống cống riêng có nước thải đầu vào là nước thải đặc có COD từ 300 ÷ 564 (mg/l) [18]. Công nghệ XLNT đô thị được áp dụng rộng rãi ở Việt Nam là công nghệ SBR, nếu tính theo công suất thiết kế chiếm khoảng 43,81% [18]. Còn thiếu các nghiên cứu nuôi cấy và ứng dụng bùn hạt hiếu khí, đặc biệt là nghiên cứu nuôi bùn hạt hiếu khí để xử lý nước thải đô thị Việt Nam trong điều kiện tại Việt Nam. Nước thải đô thị tại Việt Nam có đặc thù là nước thải loãng có OLR phổ biến khoảng 0,5 ÷ 1,2 kgCOD/m³.ngày. Một số nhà máy XLNT có nước thải đầu vào được thu gom từ hệ thống cống riêng là nước thải đặc có OLR khoảng 1,8 ÷ 3,5 kgCOD/m³.ngày.

b. Hướng nghiên cứu của luận án

- Nghiên cứu nuôi cấy bùn hạt hiếu khí trong phòng thí nghiệm tại Việt Nam ở mức tải trọng hữu cơ thấp OLR nhỏ hơn 2,0 kgCOD/m³ (từ 1,0 ÷ 1,2 kgCOD/m³) để đánh giá khả năng hình thành bùn hạt hiếu khí.
- Nghiên cứu nuôi cấy bùn hạt hiếu khí trong phòng thí nghiệm tại Việt Nam ở mức tải trọng hữu cơ OLR cao lớn hơn 2,5 kgCOD/m³ (từ 2,7 ÷ 3,0 kgCOD/m³) và đánh giá các yếu tố ảnh hưởng đến việc nuôi cấy bùn hạt hiếu khí.
- Nghiên cứu ứng dụng bùn hạt hiếu khí trên công nghệ SBR để XLNT đô thị tại Hà Nội có tải trọng hữu cơ thấp OLR dao động 0,95 ÷ 1,35 (kgCOD/m³.ngày) để đánh giá hiệu quả XLNT của bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ SBR đối với nước thải đô thị tại Việt Nam.
- Đề xuất giải pháp công nghệ phù hợp ứng dụng bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ SBR để XLNT đô thị tại Việt Nam, bổ sung thêm vào kho tàng cơ sở lý thuyết trong lĩnh vực XLNT trên thế giới và tại Việt Nam, từ đó có thể nhân rộng, triển khai áp dụng vào thực tế phù hợp với điều kiện Việt Nam.

CHƯƠNG 2: CƠ SỞ KHOA HỌC NGHIÊN CỨU CÔNG NGHỆ SBR SỬ DỤNG BÙN HẠT HIỀU KHÍ ĐỂ XỬ LÝ NƯỚC THẢI ĐÔ THỊ

2.1. Công nghệ SBR

Trên thế giới bể phản ứng theo mẻ được bắt đầu nghiên cứu từ những năm 1970. Bể phản ứng theo mẻ (SBR) là quy trình công nghệ bùn hoạt tính vận hành theo chu kỳ “nạp nước, sục khí, nghỉ, xả nước”.

2.1.1. Xử lý nước thải đô thị

Ứng dụng Công nghệ SBR trong xử lý nước thải đô thị đã được chứng minh qua nhiều công trình nghiên cứu như: nghiên cứu của Bernardes và Klapwijk [21] đã tiến hành nghiên cứu để đánh giá khảo sát hiệu quả làm việc của công nghệ SBR đối với việc loại bỏ nito, Carbon, photpho đối với nước thải đô thị của nhà máy XLNT Bennekom tại Hà Lan với công suất 22000 (m³/ngày); hoặc đề tài nghiên cứu của Umble và Ketchum [92], đã làm thí nghiệm với công nghệ SBR trong xử lý nước thải đô thị. Dựa trên khả năng XLNT linh hoạt của công nghệ SBR trong việc loại bỏ chất hữu cơ, loại bỏ chất rắn lơ lửng, và nitrat hóa; đề tài của Beccari và các cộng sự [20] đã nghiên cứu vấn đề loại bỏ COD bằng sự lên men axitogen từ các chất thải hữu cơ có trong rác thải đô thị; đề tài của De Sousa and Foresti [29], nghiên cứu được thực hiện trên một mô hình thí nghiệm bể UASB có dung tích 4(lít) và hai mô hình bể SBR hình trụ giống hệt nhau có dung tích 3,6 (lít); đề tài của Steinmetz [77], đã chứng minh tính hiệu quả của công nghệ SBR áp dụng đối với 2 nhà máy XLNT đô thị có công suất 15000 (m³/ngày) và 25000 (m³/ngày).

2.1.2. Xử lý nước thải từ bùn thải trong nhà máy XLNT

Trong các nhà máy XLNT, nước thải từ bùn thải có thể chứa đến 25% tổng lượng Nitơ trong dòng vật chất. Trong báo cáo khoa học của Vandaele - Arnold và các cộng sự [93], các tác giả đã so sánh sự làm việc của hai hệ thống SBR (bể xử lý theo mẻ) và SBBR (bể xử lý theo mẻ có màng lọc). Kết quả loại bỏ trên 90% nitơ trong cả hai hệ thống XLNT. Bên trên là các ví dụ minh chứng về tính hiệu quả của công nghệ SBR trong XLNT.

2.1.3. Quá trình loại bỏ COD trong bể SBR

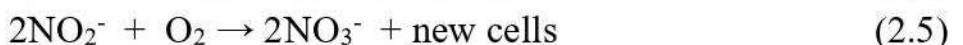
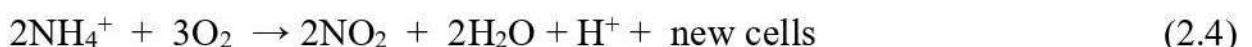
Quá trình loại bỏ COD trong bể SBR xảy ra theo 3 giai đoạn:

- Giai đoạn 1: Oxy hoá các chất hữu cơ, tốc độ oxy hoá bằng tốc độ tiêu thụ oxy.
- Giai đoạn 2: Giai đoạn tổng hợp xây dựng tế bào.
- Giai đoạn 3: Tự oxy hoá chất liệu tế bào (tự phân hủy).

2.1.4. Quá trình loại bỏ nitơ trong bể SBR

a. Quá trình Nitrat hóa

Quá trình này được diễn ra trong pha sục khí của bể SBR với 2 phản ứng liên tiếp như sau:



b. Quá trình khử Nitrat

Trong giai đoạn này sẽ có 4 bậc liên tiếp sẽ làm giảm nồng độ nitơ lần lượt từ +5 về +3, +2, +1. Phương trình tổng thể như sau:



2.1.5. Quá trình loại bỏ phot-pho trong bể SBR

Phot-pho sẽ được tiêu thụ bởi hoạt động của vi khuẩn trong bể phản ứng SBR. Bằng cách kiểm soát và vận hành phù hợp, vi khuẩn sẽ xử lý hiệu quả lượng Phot-pho trong nước thải thông qua quá trình cố định tế bào.

2.2. Bùn hạt hiếu khí

2.2.1. Các yếu tố ảnh hưởng đến sự hình thành và phát triển bùn hạt hiếu khí

Sự hình thành và phát triển của bùn hạt hiếu khí phụ thuộc vào nhiều yếu tố, các yếu tố chính quyết định đến sự hình thành và phát triển bùn hạt hiếu khí bao gồm: thành phần của chất nền; tải trọng hữu cơ có trong nước thải; cường độ sục khí; thời gian chọn lọc vi sinh vật; thời gian lưu nước; quá trình thiếu khí; điều kiện công nghệ; điều kiện môi trường.

2.2.2. Ưu điểm của bùn hạt hiếu khí so với bùn hoạt tính thông thường

Bùn hạt hiếu khí có một số ưu điểm nổi bật so với bùn hoạt tính thông thường được trình bày tại Bảng 2.1.

Bảng 2.1. Tính chất của bùn hạt hiếu khí và bùn hoạt tính thông thường [13; 35]

TT	Đặc điểm so sánh	Bùn hạt hiếu khí	Bùn hoạt tính thông thường
1	Khả năng lắng	30 ÷ 70(m/h)	8 ÷ 10(m/h)
2	Nồng độ sinh khối	> 10 g/l	< 5 g/l
3	Chỉ số SVI ₃₀	< 50(ml/g)	60 ÷ 200(ml/g)
4	Thành phần vi sinh vật	Đa dạng, bao gồm cả chủng vi khuẩn hiếu khí, kỵ khí, tùy tiện	Chủng vi khuẩn hiếu khí là chủ yếu
5	Khả năng chịu sốc tải	Chịu được sốc tải	Chịu sốc tải kém
6	Tải trọng hữu cơ	Tải trọng hữu cơ cao (2 ÷ 15 kgCOD/m ³ .ngày)	Tải trọng hữu cơ thấp (< 2,5 kgCOD/m ³ .ngày)
7	Tỉ trọng hạt bùn	1,004 ÷ 1,065	
8	Kích thước	0,2 ÷ 5(mm)	3 ÷ 150(μm)
9	Tuổi bùn	Khoảng 12 ÷ 15 ngày	Khoảng 6 ÷ 7 ngày

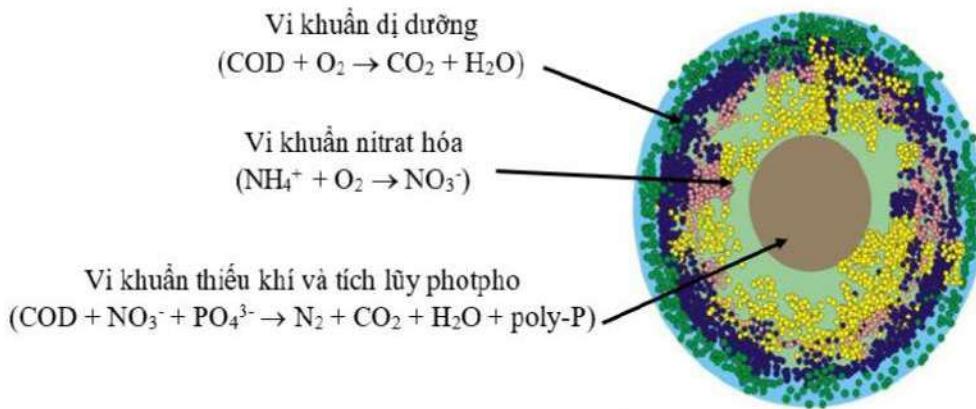
2.2.3. Cơ sở khoa học xử lý cơ chất của bùn hạt hiếu khí

2.2.3. Scientific basis for treating substrates of aerobic granular sludge

Để dễ hình dung tạm chia cấu trúc bùn hạt làm 3 lớp dựa theo tỷ lệ chủng loại vi sinh vật chiếm ưu thế.

- *Lớp thứ nhất*, là lớp ngoài cùng của bùn hạt bao gồm nhiều vi khuẩn dị dưỡng hoạt động mạnh, nên quá trình loại bỏ COD xảy ra ở bề mặt hạt là chủ yếu. Các vi sinh vật hấp thụ dinh dưỡng và oxi có trong nước thải và thải ra CO₂ và nước.
- *Lớp thứ hai*, dưới lớp ngoài cùng của bùn hạt bao gồm nhiều vi khuẩn nitrat hóa hoạt động mạnh, nên quá trình loại bỏ ni-tơ xảy ra ở lớp này là chủ yếu.

- *Lớp thứ ba*, là lớp trong cùng của bùn hạt bao gồm nhiều vi khuẩn ký khí hoạt động mạnh và quá trình tích lũy phốt pho, quá trình loại bỏ phốt pho và nitơ, lưu huỳnh xảy ra ở lớp này là chủ yếu.



Hình 2.1. Cấu trúc và Cơ chế xử lý cơ chất của bùn hạt hiếu khí

2.2.4. Khả năng loại bỏ các chất ô nhiễm trong nước thải của bùn hạt hiếu khí

Bùn hạt hiếu khí có thể được sử dụng cho việc loại bỏ các hợp chất hữu cơ, các chất dinh dưỡng (nitơ, phốt pho), kim loại nặng và các chất độc hại. Các nghiên cứu liên quan đến bùn hạt hiếu khí đều cho thấy chúng có nhiều ưu điểm như: Khả năng xử lý chất hữu cơ, N, P tốt, tốc độ trao đổi chất ổn định, khả năng phục hồi và chịu sốc tải trọng tốt, thời gian lưu trữ sinh khối dài [101].

2.2.5. Động học của quá trình hình thành bùn hạt hiếu khí

Động học của quá trình hình thành và phát triển bùn hạt hiếu khí được mô tả qua phương trình bậc 1 [97].

$$D - D_0 = (D_e - D_0) [1 - e^{-\mu(t-t_0)}] \quad (2.19)$$

Trong đó: + D_0 - là đường kính bùn hạt tại thời điểm t_0

+ t_0 – là thời điểm kết thúc giai đoạn trễ (giai đoạn vi sinh vật bắt đầu thích nghi)

+ D - là đường kính bùn hạt tại thời điểm t

+ D_e - là đường kính bùn hạt ở trạng thái cân bằng

+ μ - là tỷ lệ tăng trưởng đường kính tính theo ngày

2.2.6. Một số công trình ứng dụng bùn hạt hiếu khí để XLNT trên thế giới

Trong những năm gần đây, việc sử dụng bùn hạt hiếu khí để XLNT có xu hướng gia tăng ở nhiều mức độ khác nhau trên thế giới như: Nhà máy XLNT Opfikon Kloten – Thụy Sỹ, công suất 26000 (m^3 /ngày); Nhà máy XLNT Wemmershoek – Nam Phi, công suất 5000 (m^3 /ngày); Nhà máy XLNT Highworth – Vương Quốc Anh, công suất 1444 (m^3 /ngày); Nhà máy XLNT Clonakilty – Ireland, công suất 5000 (m^3 /ngày); Nhà máy XLNT Ringsend – Ireland, công suất 600.000 (m^3 /ngày); Nhà máy XLNT Kingaroy – Australia, công suất 10.800 (m^3 /ngày); Nhà máy XLNT Longford – Australia, công suất 2.838 (m^3 /ngày); Nhà máy XLNT Sappi Lanaken – Bỉ, công suất 14.400 (m^3 /ngày); Nhà máy XLNT Araguaína, Tocantis, Brazil, công suất 52.704 (m^3 /ngày) [37].

CHƯƠNG 3: NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM

3.1. Nội dung nghiên cứu thực nghiệm của luận án

- **Thí nghiệm 1:** Đánh giá khả năng hình thành bùn hạt hiếu khí trong bể SBR với nước thải nhân tạo có tải trọng hữu cơ thấp OLR đầu vào trong khoảng từ $1,0 \div 1,2$ ($\text{kgCOD/m}^3.\text{ngày}$) tại mô hình A.
- **Thí nghiệm 2:** Đánh giá khả năng hình thành bùn hạt hiếu khí trong bể SBR với nước thải nhân tạo có tải trọng hữu cơ cao OLR đầu vào từ $2,7 \div 3,0$ ($\text{kgCOD/m}^3.\text{ngày}$) đồng thời đánh giá khả năng loại bỏ COD và $\text{NH}_4^+ -\text{N}$ tại mô hình B.
- **Thí nghiệm 3:** Đánh giá khả năng xử lý nước thải của bùn hạt hiếu khí trong bể SBR tại mô hình B đối với nước thải đô thị thật có tải trọng hữu cơ thấp $0,95 \div 1,35$ ($\text{kgCOD/m}^3.\text{ngày}$) lấy tại đầu vào của nhà máy XLNT Kim Liên – Hà Nội.

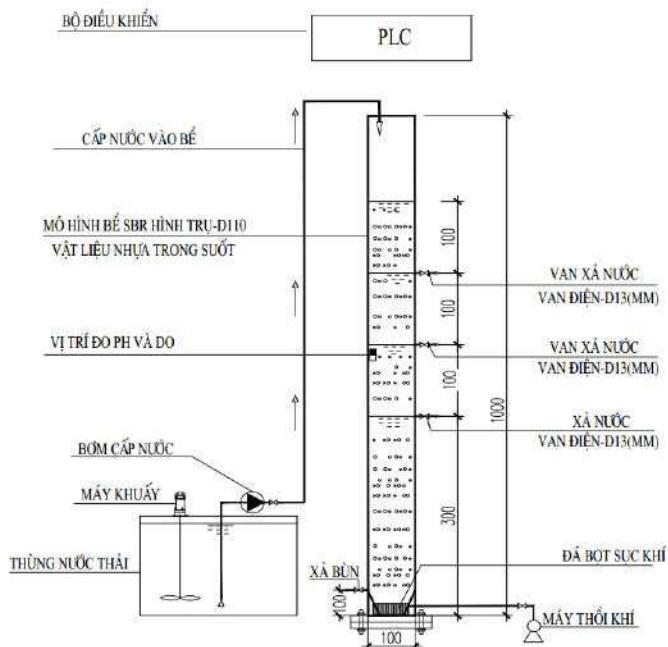
3.2. Tính toán và xây dựng mô hình thí nghiệm

3.2.1. Tính toán mô hình thí nghiệm

Căn cứ vào mục tiêu thí nghiệm và quá trình tính toán, thiết lập 02 mô hình thí nghiệm có các thông số như sau: 2 mô hình bể SBR giống nhau làm bằng nhựa Acrylic trong suốt có đường kính ống $0,110$ (m), chiều cao 1 (m), thể tích nước xả trong 1 chu kỳ của mỗi bể là $2,5$ (lít), đặt tên lần lượt cho 2 mô hình là A và B. Hai bể SBR cùng làm việc với 6 chu kỳ trong 1 ngày, thời gian 1 chu kỳ là 4 giờ, trong 1 chu kỳ gồm 4 pha: pha nạp nước $1 \div 2$ phút, pha sục khí 180 phút, pha lắng $20 \div 30$ phút, pha xả $10 \div 15$ phút.

3.2.2. Xây dựng mô hình bể SBR trong phòng thí nghiệm

Mô hình thí nghiệm SBR được đặt tại phòng thí nghiệm của trường Đại Học Xây Dựng Hà Nội. Mô hình công nghệ SBR gồm 3 phần chính: phần bể phản ứng, phần cấp khí, phần điều khiển(Hình 3.3). Mô hình A sử dụng cho nghiên cứu với nước thải nhân tạo có tải trọng hữu cơ thấp OLR đầu vào trong khoảng từ $1,0 \div 1,2$ ($\text{kgCOD/m}^3.\text{ngày}$). Mô hình B sử dụng cho nghiên cứu với nước thải nhân tạo có tải trọng hữu cơ cao đầu vào trong khoảng từ $2,7 \div 3,0$ ($\text{kgCOD/m}^3.\text{ngày}$).



Hình 3. 1. Sơ đồ công nghệ mô hình bể SBR trong phòng thí nghiệm.

3.3. Nghiên cứu tạo bùn hạt hiếu khí trên mô hình SBR trong phòng thí nghiệm

3.3.1. Chuẩn bị nước thải nhân tạo và bùn hoạt tính nuôi cấy

a. Chuẩn bị hóa chất

Nước thải dùng làm thí nghiệm là nước thải nhân tạo thải tổng hợp có thành phần cơ chất chủ yếu là Acetate độ tinh khiết 99% xuất xứ Trung Quốc để duy trì giá trị COD với tỷ lệ 1 (g) acetate \approx 1,066 (g)COD và bổ sung thêm các vi chất dinh dưỡng như: amoni, photpho, một số vi lượng để nuôi cây bùn hạt hiếu khí.

Mô hình A

Mô hình A sử dụng nước thải tải trọng hữu cơ thấp, mô phỏng theo đặc điểm của nước thải đô thị tại Việt Nam. Sử dụng nước thải tổng hợp có thành phần cơ chất là natri acetate, duy trì COD đầu vào trong khoảng 350 \div 400 (mg/l), tương ứng tải trọng hữu cơ OLR là 1,0 \div 1,2 (kgCOD/m³.ngày) và bổ sung thêm các chất dinh dưỡng amoni là 45 \div 50 (mg/l), phốt-pho là 10 (mg/l), và các vi lượng để nuôi cây bùn hạt hiếu khí.

Mô hình B

Mô hình B sử dụng nước thải tải trọng hữu cơ cao. Sử dụng nước thải tổng hợp có thành phần cơ chất là natri acetate, duy trì COD đầu vào trong khoảng 900 \div 1000 (mg/l), tương ứng tải trọng hữu cơ OLR là 2,7 \div 3,0 (kgCOD/m³.ngày) và bổ sung thêm các chất dinh dưỡng amoni là 45 \div 50 (mg/l), phốt-phot là 10 (mg/l), và các vi lượng để nuôi cây bùn hạt hiếu khí.

b. Pha nước thải nhân tạo

Nước thải nhân tạo được chuẩn bị bằng cách hòa tan khói lượng đã xác định các hóa chất vào nước máy đã được đuổi clo dư. Nước máy sử dụng để pha hóa chất được phân tích hàm lượng cloramin dưới 0,1 (mg/l) để đảm bảo không làm ảnh hưởng đến hệ vi sinh vật trong bể phản ứng.

c. Chuẩn bị bùn nuôi cấy

Bùn nuôi cấy là bùn hoạt tính được lấy tại bể phản ứng của nhà máy xử lý nước thải đô thị Yên Sở - Hà Nội và có tính chất như sau: MLSS từ $900 \div 1020$ (mg/l), MLVSS/MLSS 79,14%, SVI $227 \div 245$ (ml/gSS). Bùn được đưa vào mô hình SBR theo tỷ lệ 2,5/5 thể tích nước trong bể phản ứng.

3.3.2. Lựa chọn và kiểm soát thông số vận hành

Thiết kế thời gian hoạt động cho một chu kỳ của hệ thống SBR là 4 giờ, một ngày gồm 6 chu kỳ hoạt động. Trong 1 chu kỳ hoạt động của mô hình SBR chia làm 4 pha như sau: pha Nạp nước có thời gian là 81 giây, pha Sục khí là 3 giờ, pha Lắng là $20 \div 30$ phút, pha Xả nước là $10 \div 15$ phút.

3.3.3. Trình tự tiến hành thí nghiệm

a. Lắp đặt và khởi động mô hình

Mô hình được lắp đặt tại phòng thí nghiệm của trường Đại Học Xây Dựng Hà Nội. Sau quá trình lắp ráp mô hình sẽ được chạy thử bằng nước sạch để kiểm tra các thiết bị như: van, bơm, máy thổi khí, các mối nối...

b. Theo dõi và vận hành mô hình

Mô hình được quan sát hàng ngày trong quá trình vận hành. Tiến hành kiểm tra các thiết bị, van khoá hàng ngày, lấy mẫu định kỳ theo kế hoạch. Vệ sinh van xả nước và buồng bơm thường xuyên để đảm bảo vận hành ổn định, không bị tràn bùn.

3.3.4. Phương pháp lấy mẫu, phân tích mẫu thí nghiệm và xử lý số liệu

a. Phương pháp phân tích mẫu thí nghiệm

Quá trình lấy mẫu và phân tích được thực hiện tại phòng thí nghiệm của trường Đại Học Xây Dựng Hà Nội. Các thông số sau sẽ được phân tích trong quá trình nghiên cứu bao gồm: COD, NH_4^+ , T-N, T-P, pH, DO, TS, VS. Các phương pháp phân tích thông số được thực hiện theo Tiêu chuẩn Việt Nam (TCVN).

b. Phương pháp xác định thông số MLSS, MLVSS, SVI

Phương pháp xác định các thông số MLSS, MLVSS, SVI được thực hiện theo tiêu chuẩn Việt Nam.

c. Phương pháp xác định thành phần vi sinh vật

Xác định số lượng vi sinh vật trong mẫu bùn hạt hiếu khí và bùn hoạt tính được xác định tại Viện Vi sinh vật và Công nghệ sinh học – ĐHQGHN.

d. Phương pháp xây dựng mô hình toán để xác định phương trình động học của quá trình hình thành bùn hạt hiếu khí

Phương trình mô tả các thông số động học của quá trình hình thành bùn hạt hiếu khí theo thời gian với tải trọng hữu cơ OLR $2,7 \div 3,0$ kgCOD/m³.ngày. được mô phỏng theo phương trình động học:

$$D = 4,306(1 - e^{-0,03665t}) \quad (3.11)$$

3.4. Nghiên cứu công nghệ SBR sử dụng bùn hạt hiếu khí để XLNT đô thị tại Hà Nội trong phòng thí nghiệm

3.4.1. Chuẩn bị nước thải và bùn hạt thí nghiệm

a. Nước thải

Nước thải đô thị dùng cho thí nghiệm được lấy từ Trạm XLNT Kim Liên-phố Đông Tác, Kim Liên, Đống Đa, Hà Nội. Đặc điểm, thành phần nước thải đầu vào thí nghiệm như sau: nồng độ COD từ $163 \div 212$ (mg/l); $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ từ $14 \div 70$ (mgN/l); T-N từ $31 \div 43$ (mgN/l); T-P từ $1,5 \div 2,16$ (mgP/l).

b. Bùn hạt thí nghiệm

Nghiên cứu sử dụng 2,5 (lít) dung dịch bùn hạt hiếu khí có kích thước $3 \div 5$ (mm), nồng độ bùn MLSS 8 (g/l), MLVSS 7,8 (g/l). Bùn được đưa vào mô hình SBR theo tỷ lệ 2,5/5 thể tích nước trong bể phản ứng.

3.4.2. Lựa chọn và kiểm soát thông số vận hành

Tương tự Mục 3.3.2.

3.4.3. Trình tự tiến hành thí nghiệm

Tương tự Mục 3.3.3.

3.4.4. Phương pháp tích thí nghiệm

Các thông số sau sẽ được phân tích trong quá trình nghiên cứu bao gồm: COD, $\text{NH}_4^+ - \text{N}$, T-N, T-P, pH, DO, TS, VS. Các phương pháp phân tích thông số được thực hiện theo Tiêu chuẩn Việt Nam (TCVN).

CHƯƠNG 4: KẾT QUẢ VÀ BÀN LUẬN

4.1. Sự hình thành bùn hạt hiếu khí trong phòng thí nghiệm

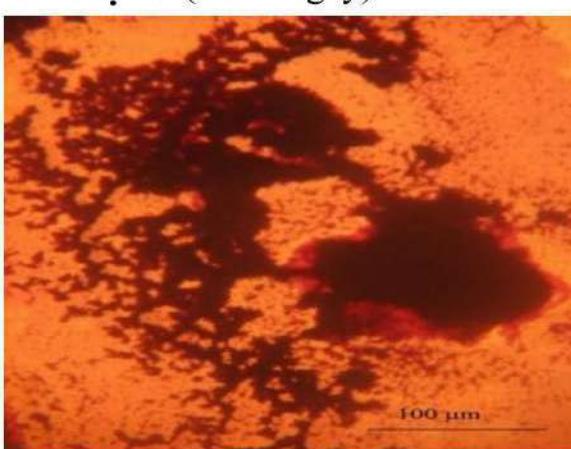
4.1.1. Quá trình hình thành bùn hạt hiếu khí tại mô hình A

Sau 4 tháng vận hành nuôi cấy bùn hạt hiếu khí trong phòng thí nghiệm với nước thải nhân tạo có tải trọng hữu cơ thấp OLR $1,0 \div 1,2$ (kgCOD/m³.ngày), chưa có dấu hiệu nào của quá trình hình thành bùn hạt được ghi nhận ở mô hình A.

4.1.2. Quá trình hình thành bùn hạt hiếu khí tại mô hình B

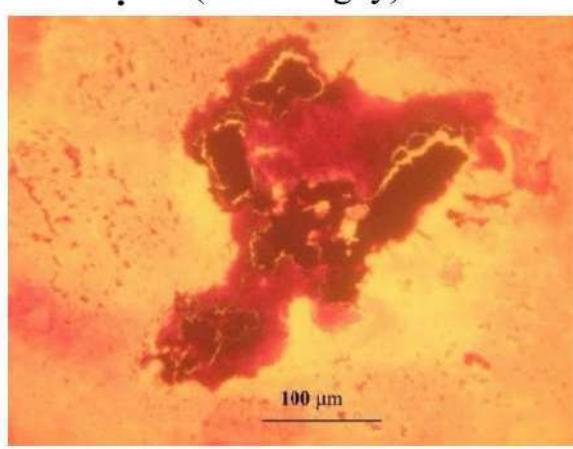
Thời gian hình thành bùn hạt hiếu khí diễn ra trong khoảng thời gian $4 \div 6$ tuần. Quá trình này diễn ra từ từ, tuy nhiên có thể chia ra làm 5 giai đoạn chính như sau:

Giai đoạn 1 (sau 7 ngày)



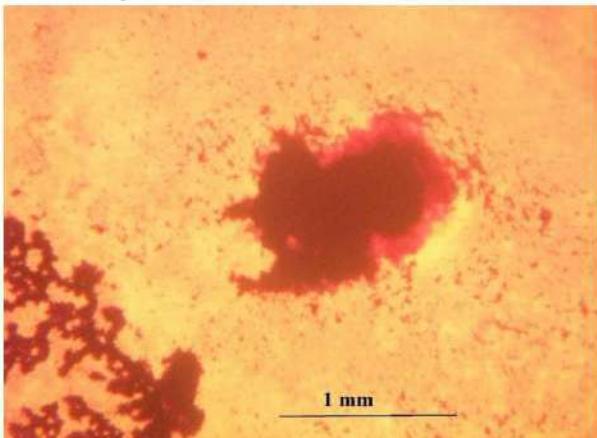
- Kích thước $< 98 \div 300$ (μm)
- Chỉ số $\text{SVI}_{30} < 135 \div 165$ (ml/g)

Giai đoạn 2 (sau 14 ngày)



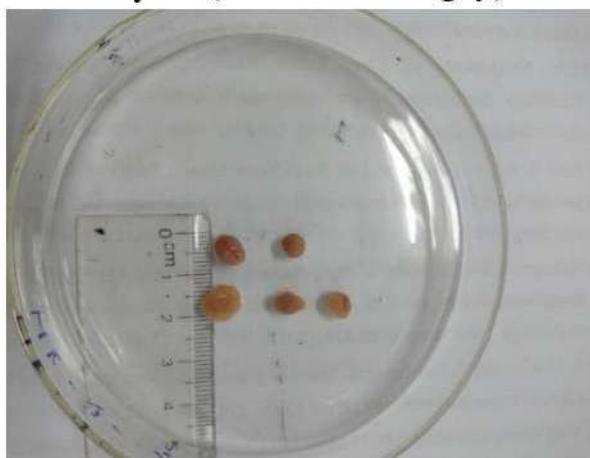
- Kích thước $1,5 \div 2,0$ (mm)
- Chỉ số $\text{SVI}_{30} < 108$ (ml/g)

Giai đoạn 3 (sau 21÷ 28 ngày)



- Kích thước 2,5 ÷ 2,9 (mm)
- Chỉ số SVI₃₀ < 80 (ml/g)

Giai đoạn 5 (sau 42 ÷ 45 ngày)



- Kích thước 3 ÷ 4 (mm)
- Chỉ số SVI₃₀ < 51 (ml/g)

4.1.3. Thành phần vi sinh của bùn hạt hiếu khí

Dựa vào kết quả phân tích vi sinh ta thấy số lượng vi sinh vật tồn tại trong bùn hạt hiếu khí cao hơn hẳn số lượng vi sinh vật trong bùn hoạt tính. Thành phần vi sinh gồm các chủng vi khuẩn chính như: Vi khuẩn hiếu khí, Vi khuẩn thiếu khí (lên men sinh axit), Vi khuẩn kỵ khí (sinh methane).

4.1.4. Động học quá trình hình thành bùn hạt hiếu khí ở tải trọng hữu cơ OLR 2,7÷3,0 (kgCOD/m³.ngày)

Phương trình động học của quá trình hình thành bùn hạt hiếu khí:

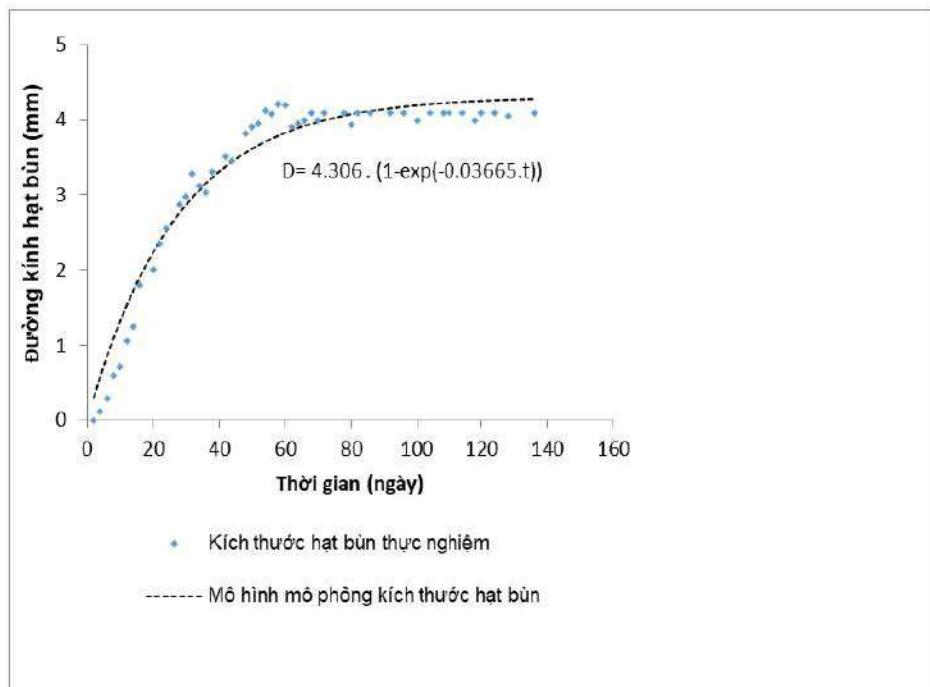
$$D = 4,306(1 - e^{-0,03665t}) \quad (4.1)$$

Trong đó: D- là đường kính hạt (mm), t- là thời gian (ngày). Kết quả thí nghiệm và mô hình động học dự báo sự hình thành và phát triển của bùn hạt hiếu khí với độ tin cậy 0,985 tương đương 98%.

Giai đoạn 4 (sau 35 ngày)

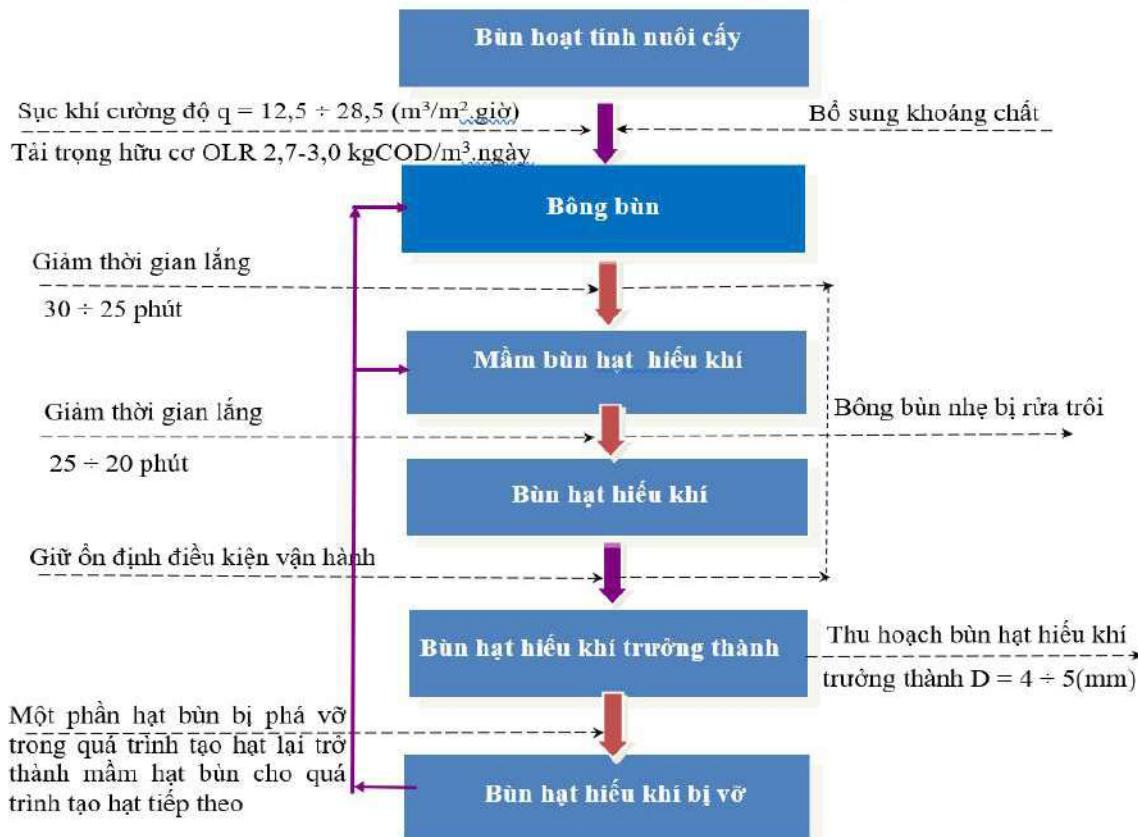


- Kích thước 3 ÷ 5 (mm)
- Chỉ số SVI₃₀ < 65 (ml/g)



Hình 4.7. Động học quá trình hình thành phát triển bùn hạt với OLR $2,7 \div 3,0$ ($\text{kgCOD}/\text{m}^3.\text{ngày}$)

4.1.5. Cơ chế tạo bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ SBR



Hình 4.8. Cơ chế tạo bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ SBR

4.1.6. Bàn luận

Từ kết quả nuôi cấy bùn hạt hiếu khí trên 2 mô hình A và B cho thấy khả năng hình thành bùn hạt hiếu khí đối với nước thải có tải trọng hữu cơ thấp từ $1,0 \div 1,2$ ($\text{kgCOD}/\text{m}^3.\text{ngày}$) là rất khó khăn tại mô hình A. Trên thế giới đã có những nghiên cứu nuôi cấy bùn hạt ở mức tải trọng hữu cơ OLR $< 2,0$ ($\text{kgCOD}/\text{m}^3.\text{ngày}$) [85; 86]. Kết quả này cho thấy việc

nuôi cây bùn hạt với nước thải đô thị tại Việt Nam là khó khăn vì nước thải đô thị Việt Nam phần lớn có tải trọng hữu cơ thấp.

Tại Mô hình B, kết quả đã nuôi cây thành công bùn hạt hiếu khí với OLR là $2,7 \div 3,0$ ($\text{kgCOD/m}^3.\text{ngày}$). Kết quả nghiên cứu của luận án cũng tương tự với nhiều nghiên cứu cùng lĩnh vực ở trong nước và trên thế giới [5; 9; 12; 34; 69; 71].

Có thể thấy, trong nước và trên thế giới đã có một số đề tài nghiên cứu tạo bùn hạt hiếu khí thành công với các loại nước thải khác nhau và mức độ tải trọng hữu cơ khác nhau, hoặc nghiên cứu các yếu tố vận hành khác. Tuy nhiên, việc nuôi thành công bùn hạt hiếu khí với nước thải đô thị tại Việt Nam tại Mô hình B của luận án có OLR $2,7 \div 3,0$ ($\text{kgCOD/m}^3.\text{ngày}$) trong điều kiện phòng thí nghiệm là chưa có. Đây là điểm mới của luận án.

4.2. Đánh giá các yếu tố ảnh hưởng đến khả năng hình thành bùn hạt hiếu khí và khả năng XLNT của bùn hạt hiếu khí

4.2.1. Thành phần chất nền

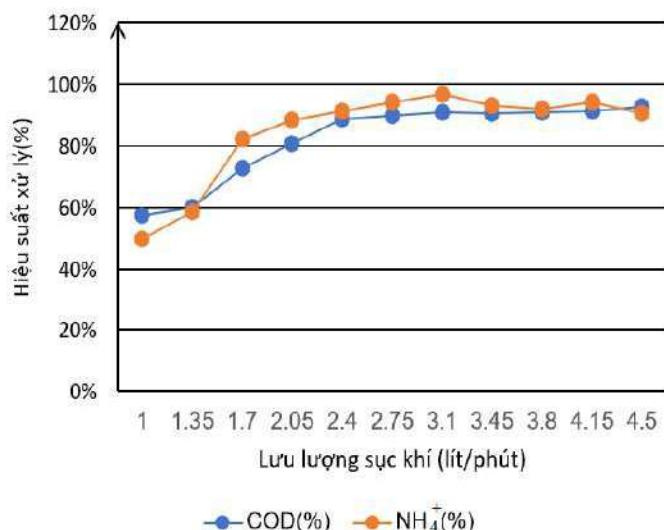
Thành phần chất nền là yếu tố chính tạo nên thành phần vi sinh vật nào chiếm ưu thế trong cấu trúc bùn hạt hiếu khí, và là yếu tố chính tạo ra màu sắc của bùn hạt hiếu khí trưởng thành. Bùn hạt hiếu khí được nuôi bằng chất nền là glucose và acetate đều có mặt ngoài hình tròn và rất đều đặn. Nhưng bùn hạt được nuôi cây bằng glucose có bề mặt ngoài mịn hơn so với bùn hạt được nuôi cây bằng acetate do vi khuẩn dạng sơ chiếm ưu thế hơn.

4.2.2. Tải trọng chất hữu cơ

Tải trọng hữu cơ là một trong các thông số hoạt động quan trọng nhất trong quá trình hình thành bùn hạt hiếu khí và duy trì sự ổn định của nồng độ bùn. Các nghiên cứu trên thế giới đã chứng minh rằng cấu trúc của màng sinh học có liên quan chặt chẽ với tải trọng hữu cơ [32]. Sự ảnh hưởng của tải trọng hữu cơ lên sự hình thành bùn hạt hiếu khí có thể trên một phạm vi rất rộng từ $2,5 \div 15$ ($\text{kgCOD/m}^3.\text{ngày}$) [35]. Vì vậy nếu tải trọng hữu cơ thấp bùn hạt hiếu khí sẽ khó duy trì sinh khối cần thiết để tạo hạt. Ngược lại nếu tải trọng hữu cơ càng cao (điều kiện OLR < 15 ($\text{kgCOD/m}^3.\text{ngày}$)) thì càng kích thích sự hình thành bùn hạt nhanh chóng [85].

4.2.3. Lưu lượng sục khí

Lưu lượng sục khí là yếu tố ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu quả xử lý nước thải của bùn hạt hiếu khí. Nếu lưu lượng sục khí quá lớn dẫn đến lực cắt tác động lên bùn hạt lớn, làm cho bùn hạt dễ vỡ, cấu trúc bùn hạt phát triển không ổn định, vì vậy hiệu quả xử lý sẽ đạt hiệu quả không cao. Ngược lại nếu lưu lượng cấp khí quá nhỏ thì sẽ kích thích sự phát triển của các vi sinh vật ký khí, nên trong bể phản ứng các vi sinh vật hiếu khí không đủ sinh khói cần thiết để xử lý nước thải hiệu quả theo mong muốn.



Hình 4.10. Mối liên hệ giữa lưu lượng sục khí và hiệu quả xử lý của bùn hạt hiếu khí

4.2.5. Thời gian lắng

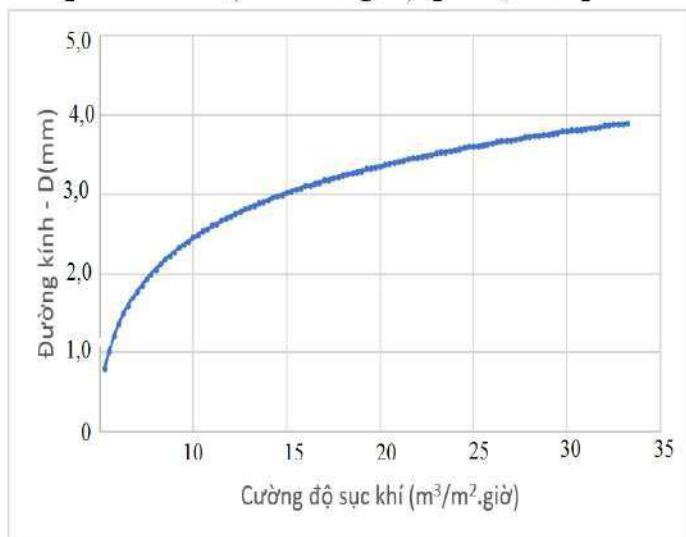
Khi thời gian lắng càng ngắn, những hạt bùn có khả năng lắng nhanh sẽ được lựa chọn, ngược lại những hạt bùn có khả năng lắng kém sẽ không lắng được và trôi theo dòng nước tại pha xả ra ngoài.

4.2.6. Nhiệt độ

Nhiệt độ môi trường từ $25 \div 35^{\circ}\text{C}$ hầu như không ảnh hưởng đến hiệu quả xử lý của bùn hạt hiếu khí.

4.2.4. Cường độ sục khí

Yếu tố cường độ sục khí rất quan trọng đối với sự phát triển đường kính hạt bùn. Nếu để cường độ sục khí quá lớn sẽ dẫn đến phá vỡ hạt. Ngược lại nếu để cường độ sục khí quá nhỏ sẽ không đủ gây xáo trộn đều các hạt bùn, làm cho bùn bị lắng xuống. Kết quả nghiên cứu tại mô hình B cho thấy cường độ sục khí thuận lợi nhất cho quá trình hình thành bùn hạt hiếu khí là $q = 12,5 \div 28,5 (\text{m}^3/\text{m}^2.\text{giờ})$. Theo các nghiên cứu trên thế giới thì cường độ sục khí an toàn để có thể phát triển bùn hạt là $q = 6 \div 37 (\text{m}^3/\text{m}^2.\text{giờ})$ [101; 102].



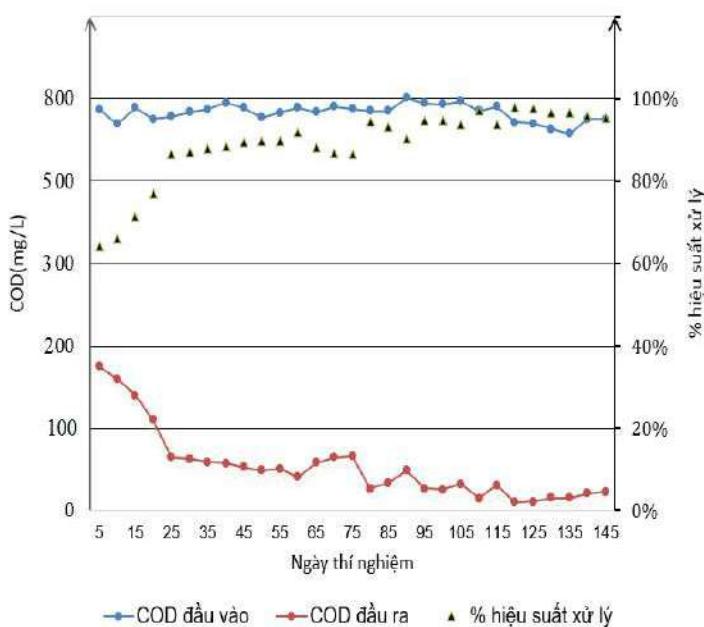
Hình 4.11. Mối liên hệ giữa cường độ sục khí và đường kính bùn hạt hiếu khí

4.2.7. Độ pH

Khi pH càng thấp thì khả năng xử lý của bùn hạt càng kém và thiếu ổn định.

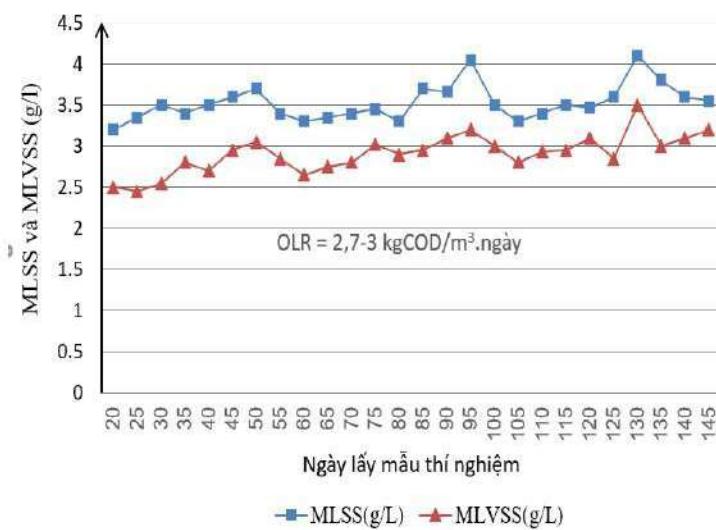
4.3. Kết quả loại bỏ COD, NH_4^+ - N, chỉ số MLSS và tỷ lệ MLVSS/MLSS, SVI₃₀ trong quá trình nuôi bùn hạt hiệu khí

4.3.1. Kết quả loại bỏ COD



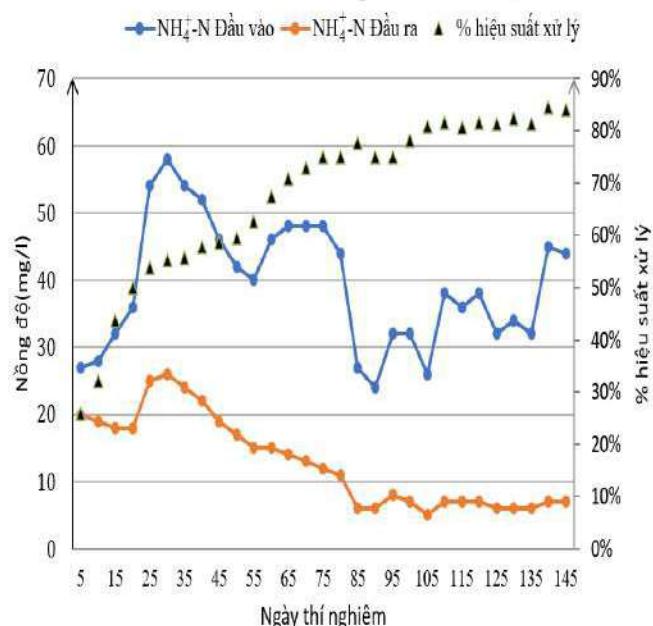
Hình 4.12. Kết quả xử lý COD

4.3.3. Chỉ số MLSS và tỷ lệ MLVSS/MLSS

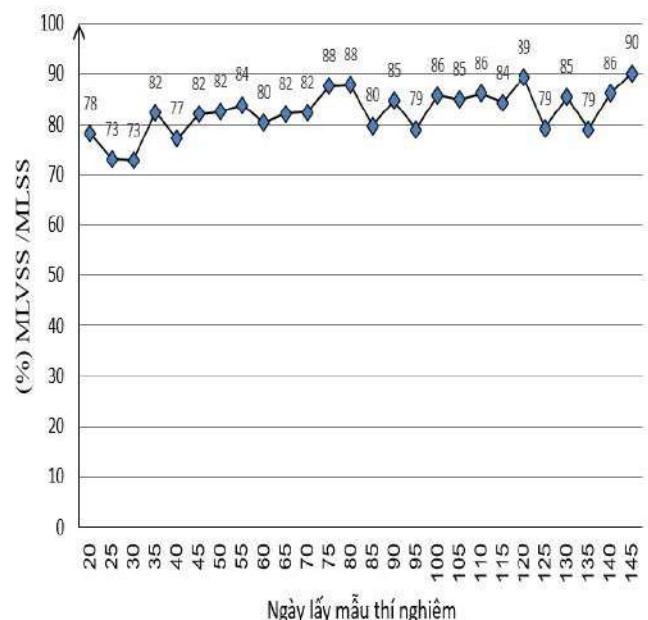


Hình 4.14. Chỉ số MLSS và MLVSS

4.3.2. Kết quả loại bỏ NH_4^+ - N

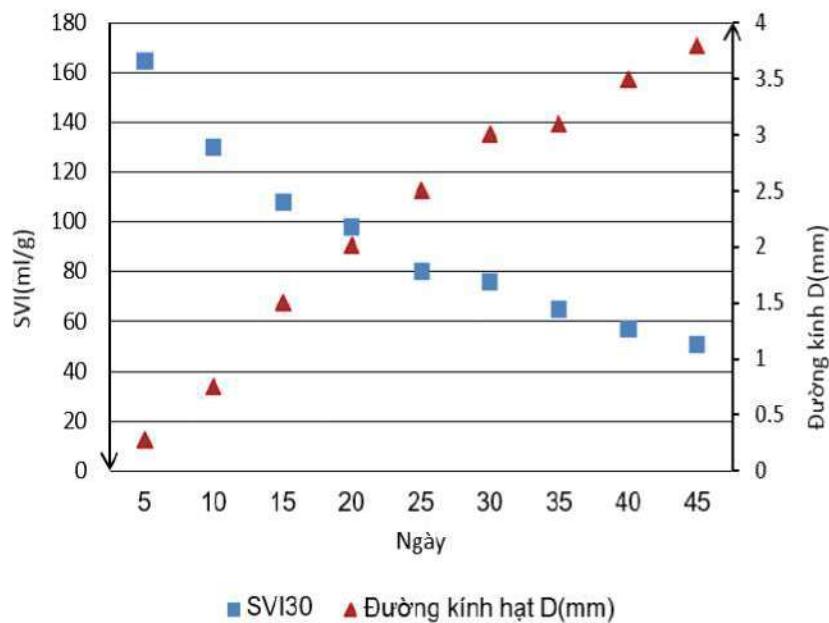


Hình 4.13. Kết quả xử lý NH_4^+ - N



Hình 4.15. Sự biến thiên (%)MLVSS/MLSS

4.3.4. Chỉ số SVI₃₀



Hình 4.16. Sự thay đổi SVI₃₀ và đường kính bùn hạt hiếu khí.

4.3.5. Bàn luận

a. Quá trình loại bỏ COD

Trong quá trình nuôi bùn hạt hiếu khí, quá trình hình thành hạt và quá trình loại bỏ các chất hữu cơ trong nước thải luôn diễn ra đồng thời. Kết quả nghiên cứu cho thấy hiệu quả XLNT trong quá trình hình tạo bùn hạt rất tốt và tăng dần theo sự ổn định của hệ bùn hạt. Hiệu quả loại bỏ COD khi hệ bùn hạt đã ổn định. So sánh kết quả nghiên cứu xử lý cơ chất của luận án và kết quả của các nghiên cứu trong và ngoài nước cũng cho kết quả tương tự [5; 9; 34; 35; 99].

Từ các kết quả so sánh trên có thể thấy kết quả loại bỏ COD trong nghiên cứu này là rất tốt, kết quả nghiên cứu này sẽ làm cơ sở khoa học cho việc ứng dụng vào trong thực tế tại Việt Nam.

b. Quá trình loại bỏ NH₄⁺ - N

Tương tự quá trình loại bỏ COD, quá trình loại bỏ NH₄⁺ - N trong nước thải luôn diễn ra đồng thời với quá trình nuôi bùn hạt hiếu khí và quá trình hình thành hạt. Hiệu quả loại bỏ NH₄⁺ - N khi hệ bùn hạt đã ổn định.

So sánh kết quả nghiên cứu của luận án và kết quả của các nghiên cứu trong và ngoài nước cũng cho kết quả tương tự [5; 9; 34; 35; 99].

Tương tự như kết quả loại bỏ COD, các kết quả so sánh trên có thể thấy kết quả loại bỏ NH₄⁺ - N của luận án là rất tốt, kết quả nghiên cứu này sẽ làm cơ sở khoa học cho việc ứng dụng vào trong thực tế tại Việt Nam.

c. Chỉ số MLSS và MLVSS

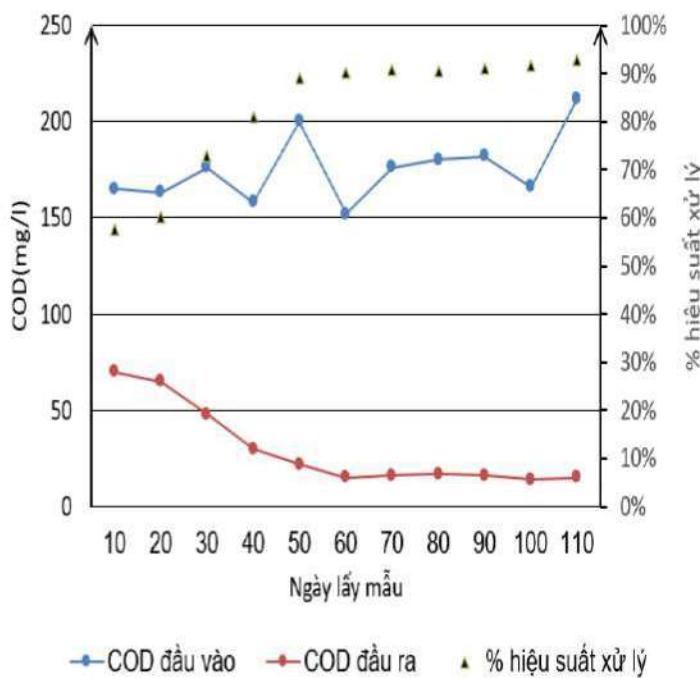
Kết quả phân tích chỉ số giá trị MLSS và MLVSS có sự dao động trong quá trình làm thí nghiệm, MLSS dao động ở mức 3,2 ÷ 4,0 (g/l), MLVSS là 2,45 ÷ 3,2 (g/l), MLVSS/MLSS dao động từ 73 ÷ 90%.

Qua sự so sánh kết quả đạt được của luận án và các kết quả nghiên cứu trên thế giới có thể thấy giá trị MLSS thay đổi rất nhiều tùy thuộc vào các loại nước thải và tùy thuộc vào tải trọng hữu cơ. Giá trị MLSS của luận án ổn định ở mức thấp hơn là do đã có sự thu hoạch bùn hạt để thực hiện các nghiên cứu tiếp theo.

4.4. Ứng dụng công nghệ SBR sử dụng bùn hạt hiếu khí để XLNT đô thị tại Hà Nội trong phòng thí nghiệm

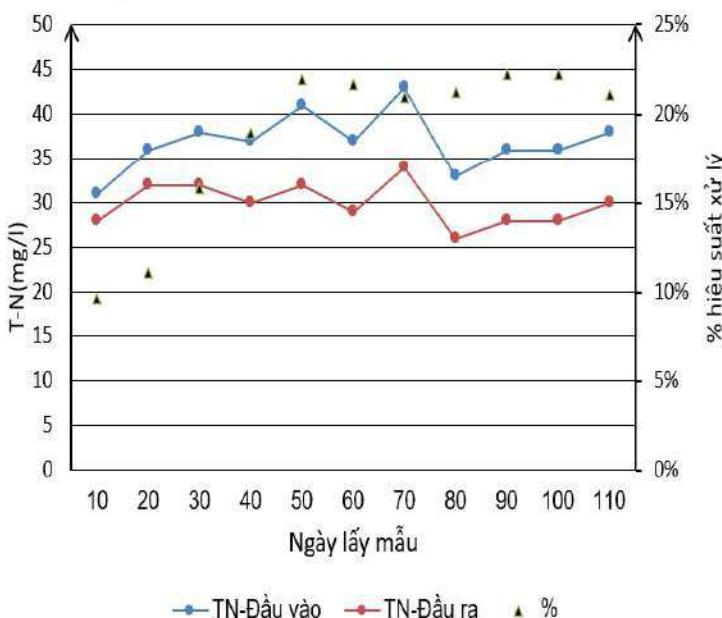
4.4.1. Hiệu quả loại bỏ chất hữu cơ và dinh dưỡng

a. Hiệu quả loại bỏ COD



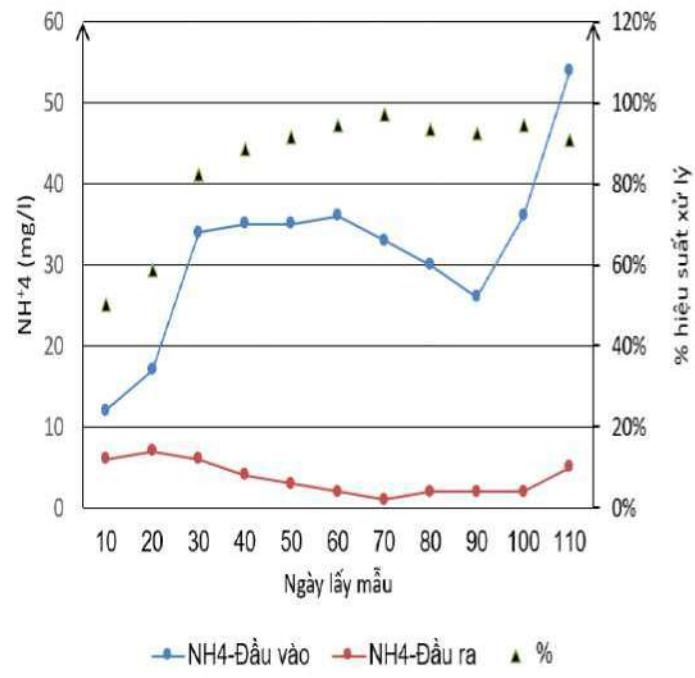
Hình 4.17. Hiệu quả xử lý COD

c. Hiệu quả loại bỏ T-N



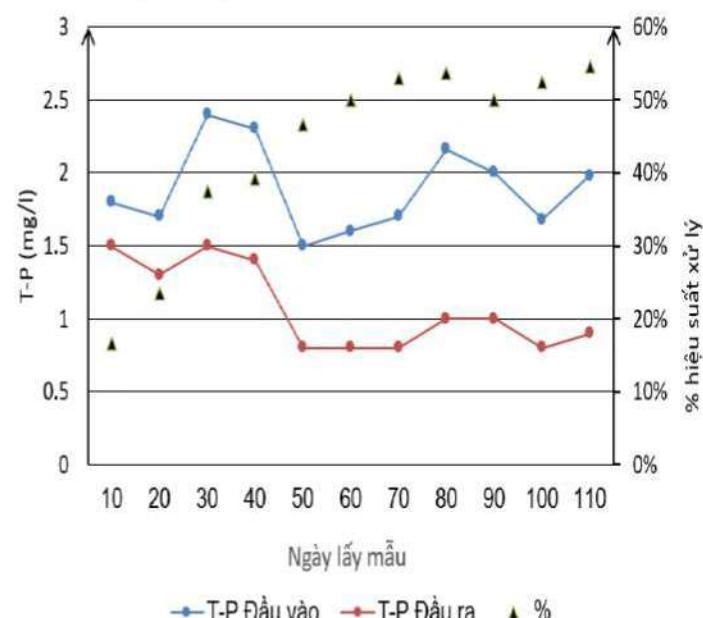
Hình 4.19. Hiệu quả xử lý T-N

b. Hiệu quả loại bỏ $\text{NH}_4^+ - N$



Hình 4.18. Hiệu quả xử lý $\text{NH}_4^+ - N$

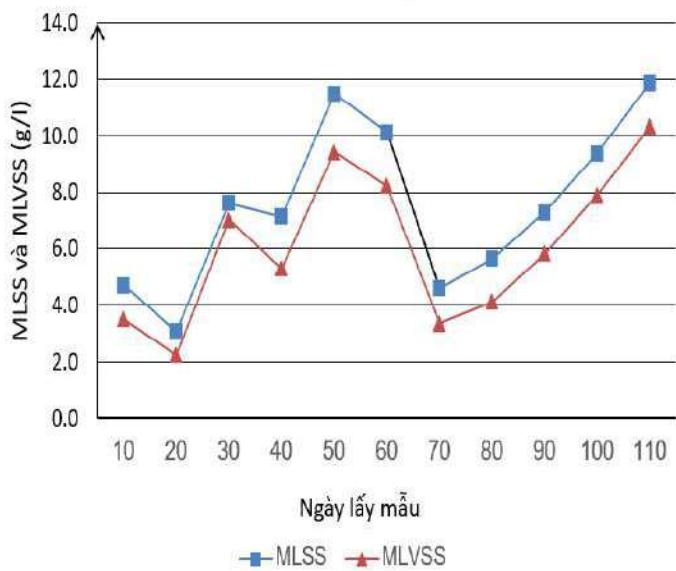
d. Hiệu quả loại bỏ T-P



Hình 4.20. Hiệu quả xử lý T-P

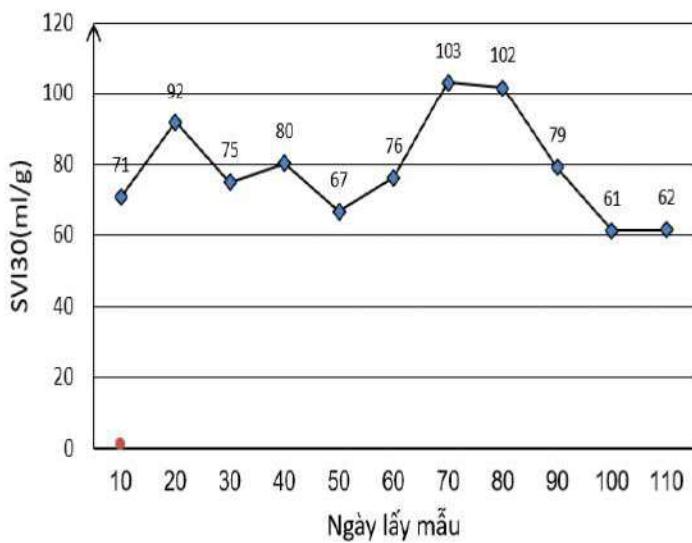
4.4.2. Đánh giá sự ổn định của quá trình bùn hạt hiếu khí

a. Nồng độ bùn MLSS và tỷ lệ MLVSS/MLSS



Hình 4.21. Sự thay đổi MLSS và MLVSS trong quá trình thí nghiệm

b. Chỉ số SVI₃₀

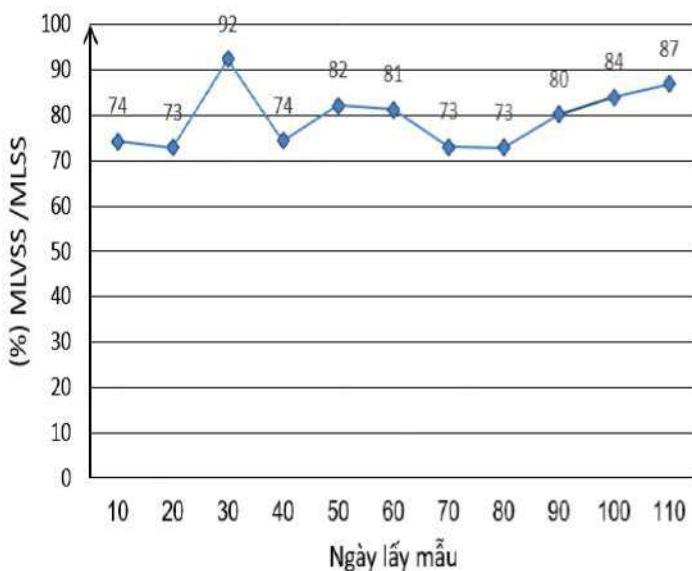


Hình 4.23. Chỉ số SVI₃₀ trong quá trình làm thí nghiệm

4.4.3. Bàn luận

a. Sự ổn định của bùn hạt hiếu khí

Nước thải sinh hoạt đô thị luôn chứa nhiều hợp chất hữu cơ khác nhau, các chất hữu cơ như nitơ và phốt pho có thể có ở dạng hạt hoặc hòa tan, tính chất nước thải thường không ổn định. Theo quan sát trong quá trình ứng dụng bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ SBR để XLNT đô thị, bùn hạt nhỏ có xuất hiện khi XLNT đô thị, tuy nhiên có sự dao động và không ổn định theo thời gian làm cho giá trị MLSS thay đổi, bùn hạt có dấu hiệu rõ do sự thay đổi của tải trọng hữu cơ nước thải đầu vào. Quá trình khởi động mô hình thí nghiệm với nước thải đô thị lâu hơn so với nước thải nhân tạo. Kết quả trong 142 ngày làm thí nghiệm nồng độ bùn hạt hiếu khí tăng dần và ổn định [23].



Hình 4.22. Sự thay đổi của tỷ lệ MLVSS/MLSS

b. Khả năng loại bỏ dinh dưỡng trong nước thải

Thời gian đầu của quá trình làm thí nghiệm, bùn hạt hiếu khí chưa thích nghi hoàn toàn với môi trường nước thải đô thị tại Hà Nội, hiệu suất loại bỏ các chất dinh dưỡng trong nước thải không cao và không ổn định, đặc biệt là quá trình loại bỏ ni-tơ và phốt pho. Tuy nhiên sau đó, hệ bùn hạt hiếu khí trong bể SBR hoạt động ổn định hơn, thời gian lưu bùn SRT tăng nên hiệu suất loại bỏ các chất dinh dưỡng cũng ổn định và tăng dần. Hiệu suất loại bỏ T-P và T-N thấp là do luôn có sẵn cacbon trong thời gian yếm khí. Nên quá trình khử nitơ không được hiệu suất cao, sự hấp thụ cacbon giảm đáng kể.

Kết quả thí nghiệm cho thấy việc ứng dụng bùn hạt hiếu khí để XLNT đô thị tại Việt Nam trên mô hình công nghệ SBR là khả thi vì hiệu quả xử lý COD và NH_4^+ -N phù hợp với QCVN hiện hành. Hiệu quả loại bỏ trung bình COD trên 90%, NH_4^+ -N trên 80%, T-P là 45 ÷ 54% khi mô hình đạt trạng thái hoạt động ổn định là một kết quả tốt. Tuy nhiên kết quả loại bỏ T-N là 20 ÷ 21%, chỉ ở mức trung bình và thấp, điều này cho thấy còn nhiều vấn đề cần khắc phục đối với việc ứng dụng bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ SBR để XLNT đô thị có tải trọng hữu cơ thấp tại Việt Nam.

4.5. Đánh giá hiệu quả ứng dụng công nghệ SBR sử dụng bùn hạt hiếu khí để XLNT đô thị và khả năng ứng dụng vào thực tế

4.5.1. Đánh giá khả năng xử lý cơ chất

Khả năng xử lý cơ chất của việc ứng dụng bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ SBR để XLNT đô thị đã được chứng minh qua kết quả thí nghiệm của luận án. Hiệu quả loại bỏ chất dinh dưỡng BOD_5 , COD, NH_4^+ -N, T-P khá cao nếu so sánh với hệ thống quy chuẩn hiện hành tại Việt Nam và so sánh với một số nhà máy XLNT đang áp dụng công nghệ bùn hoạt tính truyền thống tại Việt Nam.

Từ kết quả khảo sát và so sánh có thể thấy, hiệu quả loại bỏ cơ chất của các nhà máy XLNT điển hình tại Việt Nam có sự thay đổi rất lớn, tùy thuộc vào công nghệ áp dụng và nồng độ cơ chất nước thải đầu vào. Mặc dù các nhà máy XLNT đều xử lý nước thải đô thị có tải trọng thấp. Hiệu suất loại bỏ BOD_5 , COD, NH_4^+ -N, T-N, T-P của các nhà máy XLNT và trong luận án này đều đạt QCVN14-2008 và QCVN 40-2011 đối với nước thải đô thị. Điều này chứng minh việc sử dụng bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ SBR để XLNT nước thải đô thị tại Việt Nam là khả thi. Tuy nhiên, để có thể áp dụng rộng rãi vào trong thực tế cần có nhiều nghiên cứu về các yếu tố ảnh hưởng khi chuyển công nghệ từ phòng thí nghiệm ra ngoài hiện trường vì trong giới hạn luận án chưa thể nghiên cứu hết. Ngoài ra nếu muốn ứng dụng bùn hạt hiếu khí vào XLNT đô thị cần đưa ra sơ đồ dây chuyền công nghệ phù hợp với điều kiện đặc trưng nước thải tại Việt Nam.

4.5.2. Đánh giá khả năng ứng dụng nghiên cứu vào thực tế

Thông qua kết quả khảo sát thực tế tại các nhà máy XLNT tại Việt Nam và việc phân tích đối chứng giữa kết quả thực nghiệm của luận án cho thấy ứng dụng bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ SBR để XLNT đô thị loãng tại Việt Nam là có cơ sở khoa học vì những lý do sau:

- Hiệu quả loại bỏ BOD_5 , COD, $NH_4^+ - N$, ổn định và đạt hiệu suất cao khi so sánh với các nhà máy XLNT cùng áp dụng công nghệ SBR và các nhà máy sử dụng công nghệ khác.
- Phù hợp với nước thải đô thị có tải trọng hữu cơ thấp, vì hầu hết các đô thị tại Việt Nam hiện nay đều sử dụng hệ thống công chung nên nước thải đều có tải trọng hữu cơ thấp.
- Các nhà máy XLNT tại Việt Nam áp dụng công nghệ SBR rất phổ biến, vì vậy việc ứng dụng bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ SBR sẽ rất thuận lợi.

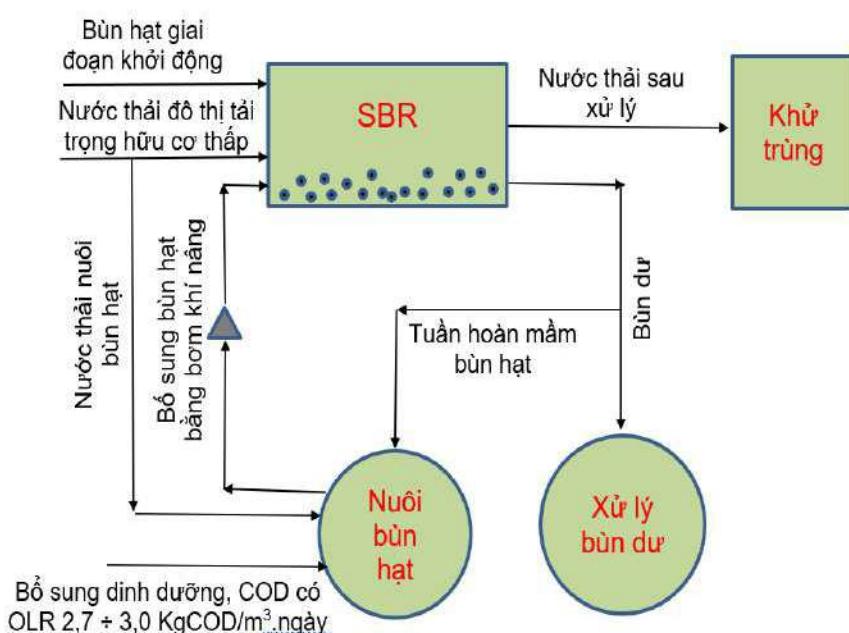
Tuy nhiên, thực tế áp dụng công nghệ SBR sử dụng bùn hạt hiếu khí để XLNT đô thị loãng tại Việt Nam cũng có những hạn chế sau:

- Nuôi và duy trì nồng độ bùn hạt hiếu khí trong điều kiện nước thải có tải trọng hữu cơ thấp rất khó khăn.
- Hiệu quả loại bỏ T-N không cao, chỉ đạt mức trung bình hoặc thấp, đây là vấn đề khó khăn đối với các loại công nghệ XLNT đang áp dụng tại Việt Nam do đặc thù nước thải đô thị tại Việt Nam có tải trọng hữu cơ thấp.

4.5.3. Đề xuất công nghệ ứng dụng bùn hạt hiếu khí để XLNT đô thị tại Việt Nam

a. Trường hợp đối với nước thải đô thị loãng có $OLR < 2,0$ ($\text{kgCOD}/\text{m}^3.\text{ngày}$)

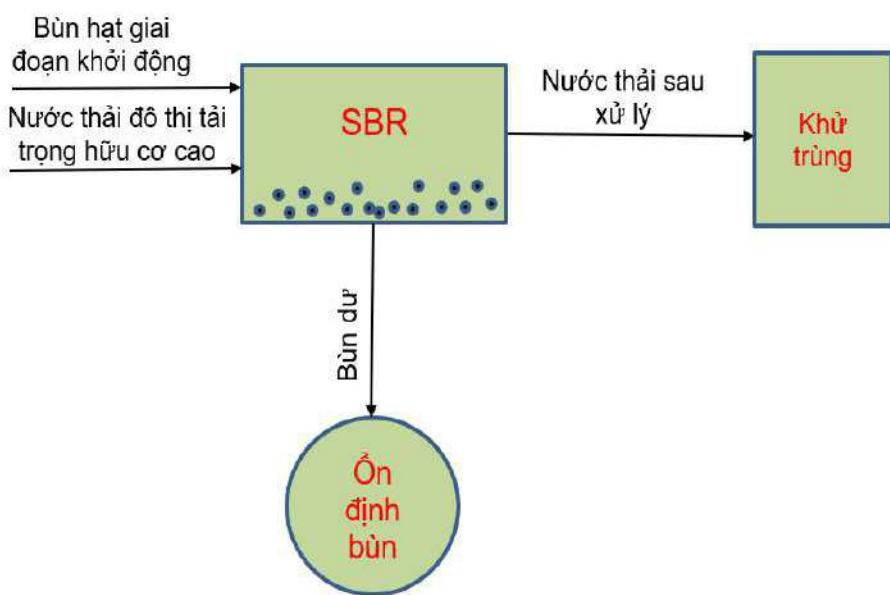
Trong trường hợp này việc nuôi thành công bùn hạt và duy trì nồng độ bùn trong bể phản ứng là khó khăn. Vì vậy trên sơ đồ công nghệ cần có giải pháp bổ sung và duy nồng độ bùn hạt ổn định. Bùn hạt sẽ được nuôi tại một bể riêng với sự bổ sung nguồn dinh dưỡng, COD phù hợp. Lượng bùn hạt cần bổ sung bao gồm bùn bị tan và rửa trôi đi, bùn già. Việc bổ sung bùn hạt để luôn đảm bảo tỷ lệ F/M theo yêu cầu. Sơ đồ có dạng như Hình 4.24.



Hình 4.24. Sơ đồ dây chuyền công nghệ ứng dụng bùn hạt hiếu khí trên công nghệ SBR để XLNT đô thị tái trọng hữu cơ thấp

b. Trường hợp đối với nước thải đô thị đặc có OLR > 2,5 ($\text{kgCOD}/\text{m}^3.\text{ngày}$)

Đối với nước thải đô thị có tải trọng hữu cơ cao nồng độ bùn hạt luôn được đảm bảo do quá trình hình thành bùn ngay trong bể phản ứng. Trên sơ đồ công nghệ không cần có giải pháp bổ sung và duy nồng độ bùn hạt để luôn đảm bảo tỷ lệ F/M theo yêu cầu. Sơ đồ có dạng như Hình 4.25.



Hình 4.25. Sơ đồ dây chuyền công nghệ ứng dụng bùn hạt hiếu khí trên công nghệ SBR để XLNT đô thị tải trọng hữu cơ cao

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

KẾT LUẬN

Luận án “Nghiên cứu công nghệ SBR sử dụng bùn hạt hiếu khí để XLNT đô thị” đã rút ra được những kết luận sau:

- Đã xác định được quy trình và các thông số kỹ thuật nuôi cấy thành công bùn hạt hiếu khí trong bể SBR đối với nước thải có tải trọng hữu cơ cao trong phòng thí nghiệm tại Việt Nam. Trong nội dung luận án, đã nuôi cấy thành bùn hạt hiếu khí với tải trọng hữu cơ $2,7 \div 3,0$ ($\text{kgCOD}/\text{m}^3.\text{ngày}$), cường độ sục khí tối ưu cho quá trình ổn định của bùn hạt hiếu khí là $q = 12,5 \div 8,5$ ($\text{m}^3/\text{m}^2.\text{giờ}$). Kết quả này phù hợp với các nghiên cứu trên thế giới chỉ nuôi thành công bùn hạt hiếu khí với mức tải trọng hữu cơ $2,5 \div 15$ ($\text{kgCOD}/\text{m}^3.\text{ngày}$) [35], cường độ sục khí $q = 6 \div 37$ ($\text{m}^3/\text{m}^2.\text{giờ}$) [101; 102]. Cụ thể:
 - + Thời gian nuôi bùn thành công là $35 \div 45$ (ngày) để bùn đạt đến kích thước ổn định và trưởng thành.
 - + Kích thước ủa bùn hạt hiếu khí trưởng thành là $d = 3 \div 4$ (mm).
 - + Hạt bùn có dạng hình cầu, màu vàng nâu, cấu trúc hạt đặc chắc khi trưởng thành.
 - + Chỉ số $\text{SVI}_{30} < 51$ (ml/g).
- Đã đánh giá được khả năng loại bỏ (xử lý) các chất hữu cơ (COD; $\text{NH}_4^+ - \text{N}$; T-N; T-P) trên mô hình công nghệ SBR để XLNT đô thị có tải trọng hữu cơ thấp (nước thải lấy tại Trạm XLNT Kim Liên – Hà Nội), cụ thể:

- + COD giảm từ 212 (mg/l) xuống còn 17 (mg/l). Hiệu quả xử lý COD trên 92%.
- + NH₄⁺ - N giảm từ 40 (mg/l) xuống còn 8 (mg/l). Hiệu quả xử lý NH₄⁺ - N trên 80%.
- + T-N giảm từ 38 (mg/l) xuống còn 28 ÷ 30 (mg/l). Hiệu quả xử lý T-N từ 20% ÷ 21%.
- + T-P giảm từ 1,98 (mg/l) xuống còn 0,8 ÷ 1,0 (mg/l). Hiệu quả xử lý T-P từ 50% ÷ 52%.
- + Nguyên nhân của hiệu quả xử lý T-N thấp vì nhiều lý do mà trong phạm vi nội dung luận án chưa thể đánh giá được hết.

3. Kết quả nghiên cứu của luận án cho thấy khả năng áp dụng công nghệ SBR sử dụng bùn hạt hiếu khí để XLNT đô thị là có cơ sở khoa học vì những lý do sau:

- + Hiệu quả loại bỏ COD, NH₄⁺ - N, T-P ổn định và đạt hiệu suất cao khi so sánh với các nhà máy XLNT khác đang áp dụng công nghệ SBR tại Việt Nam và so sánh với quy chuẩn xả thải hiện hành tại Việt Nam (QCVN 14/2008-BTNMT và QCVN 40:2011/BTNMT).
- + Phù hợp với nước thải đô thị có tải trọng hữu cơ thấp, vì hầu hết các đô thị tại Việt Nam đều sử dụng hệ thống thoát nước chung nên nước thải thường có tải trọng hữu cơ thấp.
- + Các nhà máy XLNT tại Việt Nam áp dụng công nghệ SBR rất phổ biến, việc ứng dụng bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ SBR rất thuận lợi.

Tuy nhiên, việc xử lý (loại bỏ) T-N chưa cao, vì vậy việc áp dụng rộng rãi bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ SBR để XLNT đô thị tại Việt Nam cần thêm thời gian và nhiều nghiên cứu khác.

KIẾN NGHỊ

Đối với quá trình bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ SBR:

1. Nghiên cứu đã nuôi thành công bùn hạt hiếu khí trong phòng thí nghiệm ở mức tải trọng hữu cơ cao. Do đó, kiến nghị bổ sung phương pháp nuôi bùn hạt của luận án vào danh sách các phương pháp nuôi bùn hạt hiếu khí.
2. Nghiên cứu đã xác định được hiệu quả loại bỏ COD, NH₄⁺ - N của việc ứng dụng bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ SBR để XLNT đô thị tại Hà Nội. Vì vậy, kiến nghị nghiên cứu thêm việc áp dụng công nghệ trên với các loại nước thải khác.
3. Cần có những nghiên cứu nâng cao hiệu suất xử lý T-N với việc ứng dụng bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ SBR để xử lý nước thải đô thị có tải trọng hữu cơ thấp.

Đối với quá trình ứng dụng bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ SBR để XLNT đô thị:

1. Nghiên cứu chỉ dừng lại ở việc nuôi bùn hạt hiếu khí và ứng dụng bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ SBR để XLNT đô thị tại Hà Nội có tải trọng hữu cơ thấp trong quy mô phòng thí nghiệm, để có thể áp dụng hiệu quả vào thực tế cần có những nghiên cứu về các yếu tố ảnh hưởng khi chuyển từ phòng thí nghiệm ra áp dụng thực tế.
2. Nghiên cứu ứng dụng bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ SBR đối với nhiều loại nước thải khác nhau và trên quy mô lớn hơn để đánh giá ảnh hưởng của tính chất các loại nước thải đến khả năng ổn định của bùn hạt hiếu khí trong thực tế.

DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC ĐÃ CÔNG BỐ CỦA TÁC GIẢ LIÊN QUAN ĐẾN LUẬN ÁN

1. Phạm Văn Doanh (2019), “Tổng quan tình hình nghiên cứu công nghệ SBR sử dụng bùn hạt hiếu khí để xử lý nước thải đô thị”, *Tạp chí Xây Dựng*, ISSN 0866 – 8762, 621, 239 – 241.
2. Phạm Văn Doanh, Trần Thị Việt Nga, Nguyễn Bình Minh (2021), “Ứng dụng bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ SBR để xử lý nước thải có tải trọng hữu cơ thấp” , *Tạp chí Khoa học và công nghệ Việt Nam*, ISSN 1859 – 4794, DOI: 10.31276/VJST.63(11).16-20.
3. Phạm Văn Doanh, Trần Thị Việt Nga, Nguyễn Bình Minh (2021), “Đánh giá khả năng hình thành bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ SBR trong phòng thí nghiệm” , *Tạp chí Khoa học và công nghệ Việt Nam*, ISSN 1859 – 4794, DOI: 10.31276/VJST.64(1).01-05.
4. Phạm Văn Doanh, Trần Thị Việt Nga, Nguyễn Bình Minh (2021), “Đánh giá các yếu tố ảnh hưởng của các yếu tố đến hiệu quả xử lý nước thải của việc ứng dụng bùn hạt hiếu khí trên mô hình công nghệ SBR” , *Tạp chí Vật liệu xây dựng*, ISSN 1859 – 381X, 5(2021).62-66.
5. “Nghiên cứu ứng dụng công nghệ SBR cải tiến sử dụng bùn hạt hiếu khí để xử lý nước thải đô thị ở Việt Nam ” , Đề tài NCKH cấp bộ, Bộ xây dựng, Mã số RD 53-19, chủ nhiệm đề tài Trần Thị Việt Nga.