

Nghiên cứu kết hợp quá trình nitrat hóa bán phần - khử nitrat hóa bằng vật liệu sinh khối dạng hạt ứng dụng trong xử lý nước thải giàu amoni

Nguyễn Văn Tuyền, Bùi Thị Thủy Ngân, Đoàn Văn Hưởng, Nguyễn Thị Mai Linh, Chu Xuân Quang*

Trung tâm Công nghệ Vật liệu, Viện Ứng dụng Công nghệ, C6, phường Thanh Xuân Bắc, quận Thanh Xuân, Hà Nội, Việt Nam

Ngày nhận bài 26/7/2024; ngày chuyển phản biện 31/7/2024; ngày nhận phản biện 5/8/2024; ngày chấp nhận đăng 22/8/2024

Tóm tắt:

Quá trình nitrat hóa bán phần (PN) - khử nitrat hóa sử dụng giá thể dạng hạt gel được thử nghiệm để xử lý nước thải giàu amoni. Trước khi thử nghiệm, quá trình thích nghi của bùn hoạt tính được thực hiện để thúc đẩy sự phát triển của các vi sinh vật oxy hóa amoni. Tiếp đó, để đánh giá hiệu quả xử lý của quá trình nitrat hóa bán phần, sinh khối vi sinh vật được vận hành theo cơ chế của quá trình sinh trưởng lơ lửng. Cuối cùng là quá trình xử lý nước thải giàu amoni bằng việc kết hợp quá trình PN - khử nitrat hóa bằng vật liệu sinh khối dạng hạt. Kết quả thu được, trong giai đoạn thích nghi, tỷ lệ tích lũy nitrat (NAR) lên tới 95,32%, hiệu quả xử lý các chất tương đối cao khi sử dụng bùn hoạt tính lơ lửng và sinh khối dạng hạt. Hiệu suất xử lý nhu cầu oxy hóa học (COD), amoni (NH_4^+) trong hai giai đoạn lần lượt là 98,04 và 92,04% đối với bùn hoạt tính; 97,53 và 93,22% đối với sinh khối dạng hạt. Kết quả cho thấy, việc kết hợp quá trình PN - khử nitrat hóa bằng vật liệu sinh khối dạng hạt có tiềm năng lớn để xử lý nước thải giàu amoni.

Từ khóa: bể xử lý theo mẻ, khử nitrat hóa, nitrat hóa bán phần, nước thải giàu amoni, sinh khối dạng hạt.

Chỉ số phân loại: 1.4, 2.7, 2.8

Research on combining partial nitrification - denitrification process with granular biomass materials for application in ammonium-rich wastewater treatment

Van Tuyen Nguyen, Thi Thuy Ngan Bui, Van Huong Doan, Thi Mai Linh Nguyen, Xuan Quang Chu*

Center for Advanced Materials and Environmental Technology, National Center for Technological Progress, C6, Thanh Xuan Bac Ward, Thanh Xuan District, Hanoi, Vietnam

Received 26 July 2024; revised 5 August 2024; accepted 22 August 2024

Abstract:

The process of partial nitrification combined with denitrification using granular biomass materials was studied to evaluate the ability to treat ammonium-rich wastewater. First, acclimation of activated sludge was performed to promote the growth of ammonium-oxidising microorganisms. Next, to evaluate the treatment efficiency of the partial nitrification process after the microorganisms have adapted, the suspended activated sludge biotechnology with intermittent aeration was performed. Finally, the process of treating ammonium-rich wastewater by combining the partial nitrification - denitrification process with granular biomass was carried out. The obtained results showed that in the adaptation phase, the nitrate accumulation rate (NAR) is up to 95.32%, and the treatment efficiency of substances is relatively high when using suspended activated sludge and granular biomass material. The treatment efficiency of chemical oxygen demand (COD) and NH_4^+ (ammonium) in the two stages was 98.04 and 92.04%, respectively, for activated sludge; 97.53 and 93.22%, respectively, for granular biomass. The results exhibited that the combination of partial nitrification - denitrification process using granular biomass materials has great potential for treating ammonium-rich wastewater.

Keywords: ammonium-rich wastewater, denitrification, granular biomass, partial nitrification, sequencing batch reactor.

Classification numbers: 1.4, 2.7, 2.8

*Tác giả liên hệ: Email: quangcx@gmail.com

1. Đặt vấn đề

Amoni luôn là chất ô nhiễm được quan tâm nhiều khi tính toán thiết kế công trình xử lý nước thải có nồng độ amoni cao như nước rỉ rác, nước thải chăn nuôi... Amoni khi thất thoát ra ngoài môi trường có thể ảnh hưởng tới môi trường tự nhiên và tác động tiêu cực tới sự sống của con người và các sinh vật. Bên cạnh đó, nồng độ giới hạn của amoni trong tiêu chuẩn nước thải được kiểm soát ngày một chặt chẽ hơn nhằm giảm thiểu nguy cơ gây phú dưỡng nguồn nước [1].

Các công nghệ sinh học luôn được ưu tiên lựa chọn do hiệu quả về mặt chi phí và hiệu quả xử lý so với các công nghệ hóa lý khác. Các công nghệ sinh học dùng bùn hoạt tính như thiếu khí/hiếu khí (A/O), kỵ khí/thiếu khí, hiếu khí (A2/O) đang được sử dụng phổ biến tại Việt Nam. Tuy nhiên, khả năng loại bỏ tổng nitơ đối với những loại nước thải có nồng độ amoni cao giá trị nhu cầu oxy hóa học (BOD) thấp như nước rỉ rác của các quá trình xử lý sinh học này không cao. Kết quả, chi phí vận hành cao do nhu cầu năng lượng cho sục khí để quá trình nitrat hóa diễn ra và phải bổ sung thêm nguồn carbon cho giai đoạn khử nitrat. Ngoài ra, một vấn đề của các hệ thống này đó chính là các vi khuẩn, vi sinh vật sẽ bị rửa trôi một phần trong quá trình xử lý. Các nghiên cứu trước đây cho thấy, việc duy trì được một lượng lớn các vi khuẩn này trong bể phản ứng là rất cần thiết để xử lý nitơ trong các loại nước thải có tải trọng ô nhiễm nitơ cao. Một số công nghệ cải tiến đã được nghiên cứu và phát triển như công nghệ MBR (công nghệ xử lý sinh học bằng màng lọc) hay MBBR (công nghệ bùn hoạt tính áp dụng kỹ thuật vi sinh bám dính trên giá thể chuyển động). Tuy nhiên, các kết quả nghiên cứu cho thấy, những công nghệ này phù hợp với nước thải có giá trị nitơ ở mức thấp. Khác với các phương pháp trên, quá trình PN kết hợp khử nitrat hóa được nghiên cứu và phát triển để xử lý nước thải có amoni cao nhưng tỷ lệ carbon/nitơ (C/N) thấp. Ưu điểm của công nghệ làm giảm nhu cầu năng lượng cho sục khí, lượng bùn dư thấp giúp giảm phát sinh chất thải rắn, bên cạnh đó hiệu suất xử lý amoni đảm bảo yêu cầu [2].

Hiện nay, kỹ thuật cố định sinh khối vi sinh vật được chú ý nhờ có những ưu điểm vượt trội như: sinh khối khó bị rửa trôi, cố định dưới dạng hạt nên vi sinh vật sẽ được bảo vệ, dễ dàng được tái sử dụng. Polyvinyl alcohol (PVA) thường được lựa chọn làm vật liệu cho quá trình cố định sinh khối [3, 4]. Tuy nhiên, do đặc tính cơ học kém nên cần bổ sung các chất gia cường kích thước nano [5]. Graphen oxit (GO) có nhiều tiềm năng cho mục đích này bởi tính chất cơ học tốt, siêu tương thích sinh học, diện tích bề mặt riêng lớn.

Như vậy, công nghệ nitrit hóa bán phần hay sinh khối dạng hạt cũng đã dành được sự quan tâm của các nhà khoa học. Các công nghệ đã và đang được nghiên cứu phát triển để phù hợp với điều kiện của Việt Nam. Tuy nhiên, với quá trình PN, việc nghiên cứu chủ yếu mới dừng ở việc xác định các yếu tố ảnh hưởng, cũng như thông số vận hành thích hợp với nước thải thường là nước thải tổng hợp, hoặc nước thải pha loãng và kết quả xử lý vẫn chưa cao. Ngoài ra, các nghiên cứu vẫn chưa xét đến tính biến động trong thành phần của nước thải thực tế khi các yếu tố tự nhiên thay đổi như: mùa, nhiệt độ, lượng mưa. Việc duy trì sự ổn định của hệ thống trước sự biến đổi về đặc tính của nước thải cũng là một điểm quan trọng khi lựa chọn công nghệ xử lý. Với những ưu điểm đã được giới thiệu, sử

dụng sinh khối dạng hạt có thể nâng cao tính ổn định của quá trình xử lý sinh học của các công trình xử lý nước, từ đó đạt được hiệu quả xử lý mong muốn. Vì vậy, trong nghiên cứu này, công nghệ sinh học trên cơ sở bùn hoạt tính và sinh khối dạng hạt sẽ được tập trung nghiên cứu phát triển để xử lý nước thải có nồng độ amoni cao, phù hợp với Việt Nam.

2. Nguyên vật liệu và phương pháp nghiên cứu

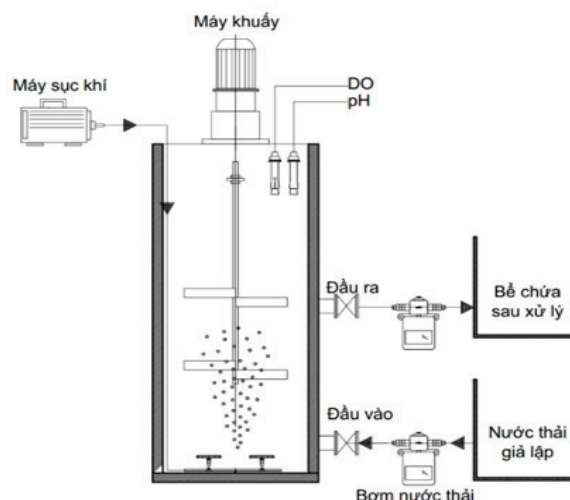
2.1. Nguyên vật liệu

Nước thải giả lập được tạo từ các hóa chất sau: amoni clorua (NH_4Cl), glucose ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$), natri hydrocacbonat (NaHCO_3).

Các chất dinh dưỡng và vi lượng thiết yếu cho vi sinh vật cũng được bổ sung bao gồm: $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$; $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$; $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$; $\text{NaMoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$; $\text{NaSeO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$; H_3BO_3 .

2.2. Mô hình thí nghiệm

Hình 1 mô tả sơ đồ tổng quát hệ thống xử lý bằng quá trình PN trong đó sử dụng sinh khối dạng hạt gel.



Hình 1. Mô hình thí nghiệm xử lý nước thải sử dụng trong nghiên cứu.

Bình xử lý có thể tích làm việc hữu ích là $0,005 \text{ m}^3$ (5 l) với các kích thước chiều dài $\times$ chiều rộng $\times$ chiều cao = $150 \text{ mm} \times 150 \text{ mm} \times 250 \text{ mm}$ (hình 1). Hệ thống đĩa sục khí được đặt dưới đáy bể xử lý nhằm cung cấp oxy cho vi sinh vật sinh trưởng và phát triển trong giai đoạn hiếu khí. Thiết bị khuấy trộn sử dụng trong giai đoạn thiếu khí. Chế độ vận hành được kiểm soát bằng cách sử dụng bộ hẹn giờ được kết nối với bơm sục khí, bơm hút. Các cảm biến đo pH, nhiệt độ và nồng độ oxy hòa tan cũng được sử dụng.

Nguyên lý vận hành của hệ xử lý: hệ thống xử lý vận hành theo công nghệ bùn hoạt tính xử lý theo mẻ SBR với 4 công đoạn chính: làm đầy - sục khí - lắng - rút nước. Thể tích nước trao đổi tại mỗi chu kỳ vận hành là $0,0025 \text{ m}^3$ (2,5 l) tương đương 50% thể tích bể.

2.3. Quy trình thực nghiệm

Ở giai đoạn đầu, nghiên cứu đã tiến hành giai đoạn thích nghi và phát triển quá trình PN trong bể xử lý theo mẻ (SBR). Bể phản

ứng SBR dòng chảy liên tục có thể tích 5 l đã được sử dụng. Nồng độ DO được duy trì trong khoảng 0,5-1 mg/l. Chế độ vận hành: làm đầy: 15 phút; phản ứng: 655 phút; lắng: 40 phút; rút nước: 10 phút. Trong khi đó, nồng độ NH_4^+ tăng dần trong khoảng 50-150 mg N/l.

Sau khi hệ thống đạt trạng thái ổn định, nghiên cứu tiếp tục khảo sát ảnh hưởng của chế độ sục khí gián đoạn tới hiệu quả của quá trình PN - khử nitrat hóa. Chế độ vận hành trong giai đoạn này: 2 tiếng sục khí và 2 tiếng dừng sục. Các thời gian khác của quy trình vận hành bao gồm lắng và rút nước tương tự như thí nghiệm 1, với thời gian mỗi chu kỳ xử lý là 12 tiếng. Nồng độ NH_4^+ -N tăng dần trong khoảng 10-200 mg/l.

Cuối cùng, nghiên cứu kết hợp quá trình nitrat hóa bán phần-khử nitrat hóa sử dụng giá thể dạng hạt gel chế tạo từ PVA/GO. Hỗn hợp gồm PVA (5%) và GO (1%) được phối trộn với bùn hoạt tính có thể tích tương đương để tạo thành nguyên liệu chế tạo hạt gel. Hỗn hợp sau đó được nhỏ giọt vào dung dịch boric axit bão hòa để tạo hạt. Hạt gel được rửa bằng nước sạch và bảo quản ở 4°C trước khi sử dụng. Nồng độ amoni tăng dần từ 10 lên 200 mg/l để đánh giá khả năng xử lý amoni. Quy trình vận hành sẽ tương tự với quá trình nitrat hóa bán phần trên.

2.4. Phương pháp phân tích

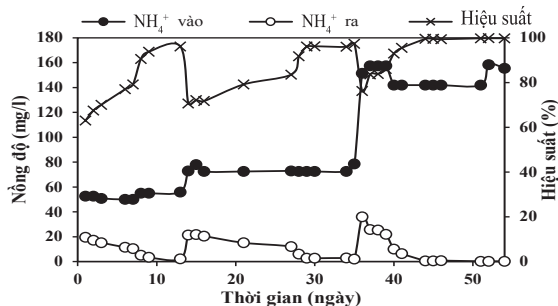
PH và nồng độ oxy hòa tan (DO) được xác định bằng máy đo đa chỉ tiêu (HQ40d, Hach, Hoa Kỳ). Chỉ tiêu COD, NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- đo bằng máy quang phổ UV-VIS theo các phương pháp SMEWW 5220-D, SMEWW 4500-NH₃, SMEWW 4500NO₃⁻, SMEWW 4500-NO₂⁻ [6]. Chỉ tiêu SS được xác định theo TCVN 6625:2000. Độ kiềm được xác định theo TCVN 6636-1:2000.

3. Kết quả và bàn luận

3.1. Kết quả giai đoạn thích nghi và phát triển quá trình nitrat hóa bán phần trong bể xử lý theo mẻ

Diễn biến nồng độ của amoni, nitrit, nitrat trong giai đoạn thích nghi được thể hiện trên hình 2 và hình 3.

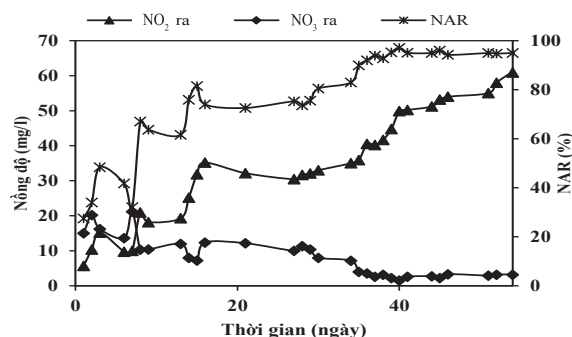
Giá trị amoni đầu vào tăng dần từ 50 tới 150 mg/l. Dựa vào đồ thị hình vẽ nhận thấy, trong ba ngày đầu tiên giá trị amoni đầu ra tương đối cao, tại ngày thứ 3, NH_4^+ -N đầu ra là 15,2 mg/l, hiệu suất xử lý chỉ đạt 70,08%.



Hình 2. Hiệu suất xử lý amoni trong giai đoạn thích nghi.

Trong những ngày tiếp theo, hiệu suất xử lý tăng dần, tới ngày thứ 13, hiệu suất xử lý đạt 96,16%, giá trị amoni đầu ra chỉ còn 2,15 mg/l. Khi tăng giá trị amoni đầu vào lên 75 mg/l, hiệu suất xử lý

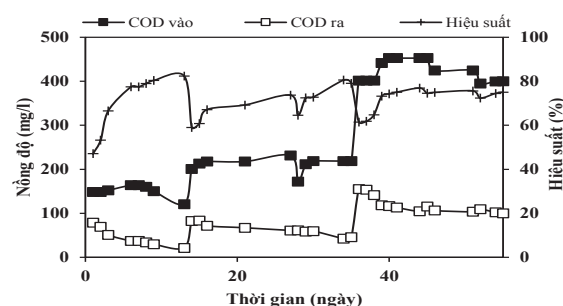
giảm xuống 70,68%, và tăng tới giá trị 97,32%, giá trị NH_4^+ -N đầu ra 2,1 mg/l. Hiện tượng này đã được quan sát lần nữa khi nồng độ NH_4^+ -N đầu vào là 150 mg/l. Giá trị nồng độ NO_2^- , NO_3^- đầu ra và tỷ lệ NAR được thể hiện trên hình 3. Có thể thấy, trong khoảng thời gian đầu của quá trình vận hành, giá trị nitrat đầu ra còn tương đối cao, nguyên nhân có thể là do các vi khuẩn oxy hóa nitrit (NOB) chưa bị ức chế hoàn toàn, lượng lớn NO_2^- tạo thành tác dụng với oxy hòa tan còn dư trong bể nên thích hợp cho sự phát triển của NOB tạo ra NO_3^- [7].



Hình 3. Diễn biến nồng độ nitrit, nitrat và tỷ lệ tích lũy nitrit trong giai đoạn thích nghi.

Sau 8 ngày vận hành, NAR tăng lên 67,02% và sau đó tiếp tục tăng dần, sau 55 ngày vận hành thì tỷ lệ tích lũy nitrit đã đạt giá trị tương đối cao 95,24%. Có thể thấy, vi khuẩn AOB hoạt động mạnh tạo ra lượng lớn nitrit còn các vi khuẩn NOB đã bị ức chế, nên giá trị nitrat đầu ra thấp. Điều này chứng tỏ quá trình PN đang diễn ra hiệu quả.

Dựa trên kết quả phân tích, quá trình đã khởi động thành công với tỷ lệ tích lũy nitrit ban đầu là 27,54%. Sau 50 ngày vận hành ổn định, khi nồng độ amoni là 150 mg/l, giá trị NAR đã tăng lên 95,24% và hiệu suất xử lý amoni ở nồng độ cao đã đạt là 99,84%.



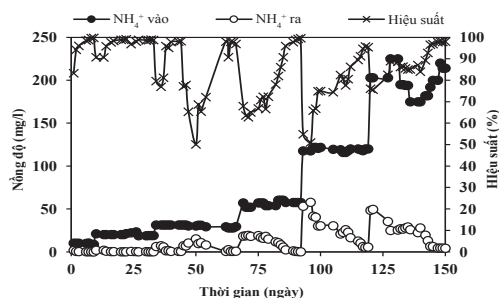
Hình 4. Hiệu quả xử lý nhu cầu oxy hóa học trong giai đoạn thích nghi.

Giá trị COD trong giai đoạn thích nghi tăng dần từ 150 mg/l tới 450 mg/l. Nhận thấy, hiệu suất xử lý COD trong giai đoạn này chưa cao. Khi đầu vào là 150 mg/l, ban đầu hiệu suất xử lý 47,09% trong ngày đầu tiên và tăng dần lên 72,61% tại ngày 13, giá trị COD 41,2 mg/l. Khi tăng giá trị COD đầu vào lên 225 mg/l, hiệu suất giảm xuống 59,03% sau đó tăng dần 79,09% tại ngày thứ 35 của quá trình vận hành. Khi COD đầu vào được tăng lên 450 mg/l, hiệu suất cũng giảm nhẹ nhưng tiếp tục tăng trở lại và đạt 75%, giá trị COD đầu ra 100 mg/l.

Các kết quả cho thấy, quá trình PN đã được vận hành thành công. Bể SBR được chuyển qua quy trình vận hành gián đoạn để vận hành quá trình PN.

3.2. Hiệu quả của quá trình nitrat hóa bán phần - khử nitrat hóa với bùn hoạt tính lơ lửng

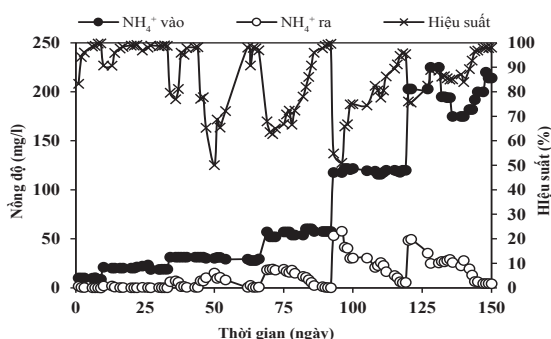
Hình 5 thể hiện hiệu quả xử lý amoni với hệ bùn hoạt tính lơ lửng. Giá trị amoni đầu vào tăng dần từ 10 mg/l tới 200 mg/l. Trong giai đoạn đầu, khi nồng độ $\text{NH}_4^+\text{-N}$ đầu vào 10-30 mg/l, hiệu suất xử lý đạt 99,77; 98,74; 96,95% khi giá trị amoni đầu vào tương ứng là 10; 20; 30 mg/l.



Hình 5. Hiệu suất xử lý amoni với hệ bùn hoạt tính lơ lửng.

Khi tăng giá trị amoni đầu vào lên 60 mg/l, giá trị amoni đầu ra tăng cao, hiệu suất xử lý giảm xuống thấp trong những ngày đầu, sau đó hiệu suất xử lý tăng dần trong những ngày tiếp theo và đạt 99,62% vào ngày thứ 92, $\text{NH}_4^+\text{-N}$ đầu ra chỉ còn 0,22 mg/l. Hiệu suất xử lý lại tiếp tục giảm mạnh trong những ngày đầu và tăng dần vào những ngày tiếp theo khi tăng giá trị amoni đầu vào lên 120 mg/l và 200 mg/l. Nguyên nhân là do những ngày đầu khi tăng lên một nồng độ amoni mới, vi sinh vật cần khoảng thời gian nhất định để có thể thích nghi với môi trường mới, nên trong thời gian này hiệu suất xử lý sẽ giảm xuống. Sau đó, khi đã thích nghi với môi trường, hiệu suất xử lý sẽ tăng dần [8].

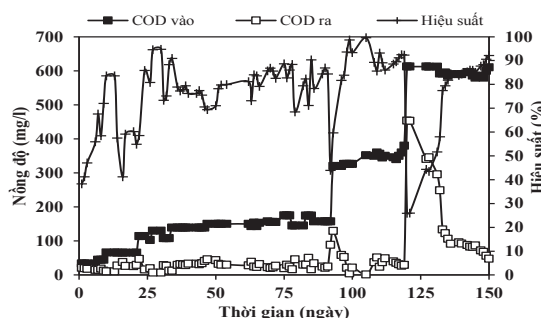
Diễn biến nồng độ của nitrit và nitrat với hệ bùn hoạt tính lơ lửng được thể hiện trên hình 6.



Hình 6. Diễn biến nồng độ amoni, nitrat và nitrit với hệ bùn hoạt tính lơ lửng.

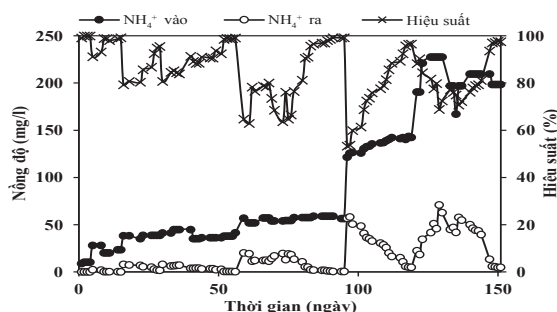
Nhận thấy, khi nồng độ amoni đầu vào 10-30 mg/l, cả ba giá trị là amoni, nitrit và nitrat đầu ra đều thấp. Cho thấy, hiệu quả xử lý cao. Do đã có giai đoạn vi sinh vật thích nghi ban đầu, nên khi giá trị đầu vào còn thấp thì các vi sinh vật xử lý hiệu quả các chất. Khi tiếp tục tăng giá trị amoni lên 60, 120, 200 mg/l, tại những ngày đầu, giá trị nitrit đầu ra ở mức cao.

Hiệu suất xử lý COD với hệ bùn hoạt tính lơ lửng được thể hiện trên hình 7. Dựa vào đồ thị nhận thấy, hiệu suất xử lý tăng dần. Giá trị COD đầu vào dao động 30-600 mg/l. Hiệu suất xử lý COD tăng từ 38,24% lên 72,03% từ ngày thứ nhất tới ngày thứ 9. Sau đó, hiệu suất giảm nhẹ khi tăng giá trị COD đầu vào lên 60 mg/l. Khi tăng COD lên các giá trị cao hơn, hiệu suất bị giảm xuống đầu mỗi giai đoạn, nhưng sau đó lại tăng trở lại, đạt hiệu suất xử lý cao. Hiệu suất xử lý đạt 92,14% khi giá trị COD đầu vào là 600 mg/l, lúc này giá trị COD đầu ra là 48 mg/l. Như vậy, có thể thấy, xử lý nước thải giàu amoni bằng quá trình PN - khử nitrat hóa với hệ bùn hoạt tính lơ lửng trong nghiên cứu này đã mang lại hiệu quả xử lý cao, các giá trị đầu ra amoni, nitrit, nitrat và COD đều đáp ứng tiêu chuẩn đề ra.



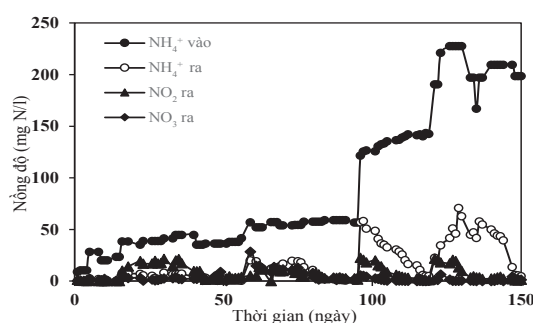
Hình 7. Hiệu suất xử lý nhu cầu oxy hóa học với hệ bùn hoạt tính lơ lửng.

3.3. Hiệu quả của quá trình nitrat hóa bán phần - khử nitrat hóa với sinh khối dạng hạt



Hình 8. Hiệu suất xử lý amoni trong giai đoạn sử dụng sinh khối dạng hạt.

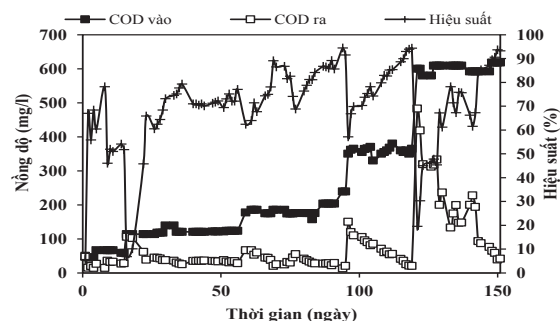
Trong giai đoạn đầu khi nồng độ amoni đầu vào ở khoảng 10-20 mg/l, nồng độ amoni ở đầu ra thấp, hiệu quả xử lý amoni tăng cao, đến 99,98%. Trong giai đoạn này, amoni được xử lý tốt, đạt hiệu quả cao. Trong giai đoạn sau, khi nồng độ amoni đầu vào tăng lên 40 mg/l, nồng độ amoni ở đầu ra tăng cao hơn so với giai đoạn đầu, nhưng không chênh lệch nhiều, hiệu quả chuyển hóa amoni vẫn ở mức cao khoảng 97%. Khi tăng giá trị amoni đầu vào lên lần lượt 60, 120 và 200 mg/l, hiệu suất chuyển hóa amoni giảm mạnh trong những ngày đầu, sau đó hiệu suất tăng dần trong những ngày tiếp theo cho tới cuối giai đoạn. Trong một nghiên cứu của American Public Health Association (2005) [6] cho thấy, hiệu suất xử lý cũng bị suy giảm khi tăng nồng độ amoni từ 90 lên 250 mg/l trong bể xử lý [6]. Vi sinh vật có thể đã cần thời gian nhất định để thích nghi với điều kiện môi trường mới. Hiệu suất xử lý đã đạt 99,15%, 96,49% và 97,53% tại cuối các giai đoạn với amoni đầu vào là 60, 120 và 200 mg/l.



Hình 9. Diễn biến nồng độ amoni, nitrat và nitrit trong giai đoạn sử dụng sinh khối dạng hạt.

Nồng độ NO_2^- và NO_3^- đầu ra được thể hiện trên hình 9. Có thể nhận thấy, khi nồng độ amoni đầu vào còn thấp, 10-20 mg/l thì giá trị NO_2^- , NO_3^- đầu ra cũng tương đối thấp. Khi giá trị amoni đầu vào tăng lên 40 mg/l (từ ngày thứ 16 của quá trình vận hành), giá trị nitrit đầu ra tương đối cao từ ngày 16 tới ngày 36, sau đó giá trị nitrit giảm dần từ ngày 40 tới ngày 56 (giảm từ 9,76 mg/l xuống còn 3,99 mg/l). Điều tương tự cũng xảy ra khi tăng giá trị amoni đầu vào lên 60, 120, 200 mg/l. Trong những ngày đầu của từng giai đoạn, giá trị nitrit đầu ra tương đối cao, sau một thời gian xử lý, khi vi sinh vật đã thích nghi được với sự thay đổi của nồng độ amoni thì hiệu suất xử lý tăng trở lại.

Hiệu suất xử lý COD trong giai đoạn sử dụng sinh khối dạng hạt được thể hiện trên hình 10. Giá trị COD đầu vào trong nghiên cứu tăng dần từ 30 lên 600 mg/l, tăng tương ứng khi tăng nồng độ amoni. Nhận thấy, với giá trị COD trong khoảng 30-60 mg/l, nhìn chung, giá trị COD đầu ra thấp mặc dù hiệu suất xử lý không cao, do giá trị COD đầu vào tương đối thấp. Tiếp tục tăng COD lên các giá trị cao hơn, hiệu suất xử lý có xu hướng giảm trong những ngày đầu, sau đó tăng dần tới cuối giai đoạn, giá trị đầu ra của COD thấp.



Hình 10. Hiệu suất xử lý COD trong giai đoạn sử dụng sinh khối dạng hạt.

Khi COD đầu vào tăng lên mức cao nhất là 600 mg/l, trong những ngày đầu hiệu suất giảm mạnh hơn so với các giai đoạn trước. Nguyên nhân có thể do nồng độ COD đầu vào cao (tăng hơn so với giai đoạn trước đó gần 2 lần), sự thay đổi lớn về nồng độ dẫn tới vi sinh vật không kịp thích nghi, hiệu quả xử lý giảm nhanh chóng. Trong những ngày tiếp theo, hiệu suất đã tăng lên tuy nhiên có những ngày giá trị COD đầu ra vẫn còn cao, phải tới ngày thứ 23 (giai đoạn diễn ra từ ngày 121 tới ngày 151) hiệu suất ổn định và tăng cao đạt 84,31%. Ngày 151 hiệu suất đã tăng lên 93,22%, giá trị COD đầu ra 42 mg/l.

Như vậy, có thể thấy kết hợp quá trình PN - khử nitrat hóa bằng vật liệu sinh khối dạng hạt đã mang lại hiệu quả xử lý cao, khi giá trị amoni và COD đầu vào tăng lên 200 và 600 mg/l, hiệu quả xử lý của hệ thống cao, các giá trị nitrit, nitrat, amoni, COD đều thấp, đạt được tiêu chuẩn đã đề ra.

4. Kết luận

Nghiên cứu kết hợp quá trình PN và khử nitrat hóa bằng giá thể dạng hạt gel để xử lý nước thải giàu amoni đã mang lại hiệu quả xử lý cao. Sau 55 ngày vận hành trong bể SBR dòng chảy liên tục, vi sinh vật đã thích nghi được với môi trường DO thấp (0,5-2 mg/l), tỷ lệ tích lũy nitrit thu được cao đạt 95%. Kết quả xử lý nước thải giàu amoni trong hai môi trường là bùn hoạt tính lơ lửng và sinh khối dạng hạt đều cho hiệu quả xử lý amoni, nitrit, nitrat, COD tương đối cao, đáp ứng được tiêu chuẩn đầu ra.

Với những ưu điểm mà công nghệ PN khử nitrat hóa kết hợp với sinh khối dạng hạt mang lại, việc nghiên cứu ứng dụng trong xử lý nước thải giàu amoni với quy mô phòng thí nghiệm đã bước đầu thành công. Các kết quả nghiên cứu với nước thải giả lập tạo tiền đề cho nghiên cứu sâu hơn với các loại nước thải thực tế. Công nghệ này có tiềm năng lớn trong ứng dụng xử lý nước thải giàu amoni như nước rỉ rác, nước thải chăn nuôi...

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được thực hiện trong khuôn khổ đề tài cấp Bộ Khoa học và Công nghệ năm 2023-2024 “Nghiên cứu chế tạo vật liệu sinh khối hoạt tính dạng hạt và ứng dụng trong xử lý nước thải giàu amoni” do Trung tâm Công nghệ Vật liệu, Viện Ứng dụng Công nghệ chủ trì thực hiện. Nhóm tác giả xin trân trọng cảm ơn Bộ Khoa học và Công nghệ đã cấp kinh phí cho nhiệm vụ này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] N.V. Suc (2012), *Wastewater Treatment Technology*, Vietnam National University Ho Chi Minh City Press (in Vietnamese).
- [2] F. Ding, D. Liang, Y. Wu, et al. (2020), “Effect of C/N on partial nitrification in an MBBR at low temperature”, *Environ. Sci.: Water Res. Technol.*, **6**, pp.3391-3399, DOI: 10.1039/D0EW00654H.
- [3] N.T. Minh, M. Choi, N. Park, et al. (2020), “Critical design factors for polyvinyl alcohol hydrogel entrapping ammonia-oxidizing bacteria: Biomass loading, distribution of dissolved oxygen, and bacterial liability”, *Environ. Eng. Res.*, **26**(2), DOI: 10.4491/eer.2020.010.
- [4] Y. Wang, Y. Liu, M. Feng, et al. (2018), “Study of the treatment of domestic sewage using PVA gel beads as a biomass carrier”, *Journal of Water Reuse and Desalination*, **8**(3), pp.340-349, DOI: 10.2166/wrd.2017.181.
- [5] C.A. Tao, Z. Hao, W. Fang, et al. (2017), “Mechanical properties of graphene oxide/polyvinyl alcohol composite film”, *Polym. Polym. Compos.*, **25**(1), pp.11-16, DOI: 10.1177/096739111702500102.
- [6] American Public Health Association (2005), *Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater*, **21**, 317pp.
- [7] P.K. Lieu, F. Kenji (2008), “Development of a novel nitrogen removal process using anammox reaction”, *Hue University Journal of Science*, **117**(48), pp.109-118 (in Vietnamese).
- [8] X. Liu, M. Kim, G. Nakhla (2017), “Operational conditions for successful partial nitrification in a sequencing batch reactor (SBR) based on process kinetics”, *Environmental Technology*, **38**(6), pp.694-704, DOI: 10.1080/09593330.2016.1209246.