

# Thiết bị SBR cải tiến hiệu năng cao trong xử lý đồng thời các chất hữu cơ và nitơ trong nước thải chế biến cao su sau xử lý kỵ khí

Dương Văn Nam<sup>1,2\*</sup>, Phan Đỗ Hùng<sup>2,3</sup>, Nguyễn Hoài Châu<sup>2,3</sup>, Đinh Văn Viện<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Viện Khoa học vật liệu, Viện Hàn lâm KH&CN Việt Nam

<sup>2</sup>Học viện KH&CN, Viện Hàn lâm KH&CN Việt Nam

<sup>3</sup>Viện Công nghệ môi trường, Viện Hàn lâm KH&CN Việt Nam

Ngày nhận bài 24/8/2017; ngày chuyển phân biện 28/8/2017; ngày nhận phân biện 29/9/2017; ngày chấp nhận đăng 4/10/2017

## Tóm tắt:

Nghiên cứu này trình bày khả năng loại bỏ đồng thời các chất hữu cơ và nitơ trong nước thải chế biến mủ cao su sử dụng các thiết bị phản ứng theo mẻ kế tiếp (SBR) cải tiến. Các thiết bị SBR cải tiến được thiết kế đặc biệt để bao gồm cả vùng hiếu khí có sục khí và vùng thiếu khí không sục khí trong cùng một thiết bị. Trong các thiết bị này, hỗn hợp nước thải có thể tuần hoàn liên tục từ vùng này sang vùng khác trong khi sục khí. Do đó, các quá trình nitrit/nitrat hoá và khử nitrit/nitrat có thể xảy ra đồng thời trong hai vùng của thiết bị. Hai thiết bị R1 và R2 với các chế độ sục khí khác nhau đã được sử dụng để đánh giá hiệu quả của chế độ sục khí. Sục khí được duy trì ở tốc độ không đổi đối với thiết bị R1, trong khi đó thay đổi từ tốc độ sục khí thấp trong giai đoạn đầu sang tốc độ sục khí cao hơn trong giai đoạn sau của giai đoạn phản ứng đối với thiết bị R2. Thiết bị R1 được vận hành với cách thức sục khí thông thường cũng đã đạt được hiệu quả xử lý cao đối với nhu cầu oxy hóa học (COD), amoni cũng như tổng nitơ (T-N). Hơn nữa, hiệu quả của thiết bị R2 với chế độ sục khí đặc biệt còn được cải thiện thêm đáng kể về khả năng xử lý T-N. Trong các khoảng tải trọng COD và T-N tương ứng 0,9-1,6 kg COD/(m<sup>3</sup>.ngày) và 0,16-0,31 kg T-N/(m<sup>3</sup>.ngày), hiệu suất xử lý COD, amoni và T-N trung bình của thiết bị R2 tương ứng là 97%, gần 100% và 94-97%.

**Từ khóa:** Nước thải chế biến mủ cao su, thiết bị SBR cải tiến, xử lý đồng thời chất hữu cơ và nitơ.

**Chỉ số phân loại:** 2.7

## Mở đầu

Việt Nam là một trong số các nước dẫn đầu thế giới về khai thác và xuất khẩu cao su tự nhiên. Theo số liệu thống kê của Hiệp hội Cao su Việt Nam, sản lượng cao su thiên nhiên năm 2016 của nước ta đạt trên 1 triệu tấn, đứng thứ 3 thế giới (sau Thái Lan và Indonesia). Với lượng nước thải phát sinh trung bình khoảng 25 m<sup>3</sup> cho mỗi tấn sản phẩm, mỗi năm ngành công nghiệp chế biến cao su Việt Nam đang phát thải khoảng trên 25 triệu m<sup>3</sup> nước thải. Nước thải chế biến cao su tự nhiên được xem là một trong những loại nước thải có mức độ ô nhiễm rất cao bởi các thành phần: Nhu cầu oxy sinh hóa (BOD), nhu cầu oxy hóa học (COD), tổng nitơ (T-N) và tổng chất rắn lơ lửng (TSS) với giá trị tương ứng có thể lên tới 7.590-13.820 mg/l, 11.935-26.914 mg/l, 450-1.306 mg/l và 468-2.220 mg/l [1, 2].

Hiện nay, ở Việt Nam có nhiều công nghệ xử lý nước thải đang được áp dụng trong ngành chế biến cao su tự nhiên, trong đó chủ yếu kết hợp một số trong các quá trình: Tách gạn mủ, tuyển nổi, xử lý kỵ khí UASB, mương oxy hóa, bể sục khí, lọc sinh học hiếu khí, hồ tảo, hồ ổn định [1, 3]. Tuy nhiên, theo điều tra của các tác giả Nguyen Nhu Hien và Luong Thanh Thao (2012) [1], các hệ thống xử lý nước thải

ở các nhà máy chế biến mủ cao su tại khu vực Đông Nam Bộ vẫn bộc lộ nhiều hạn chế, như hiệu quả xử lý chưa cao; COD, BOD, T-N và TSS trong nước thải sau xử lý ở nhiều nhà máy vẫn còn cao hơn quy chuẩn xả thải cho phép. Công nghệ chủ yếu hiện nay được áp dụng để xử lý các thành phần nitơ trong nước thải của các nhà máy chế biến mủ cao su là mương oxy hóa, hồ tảo hay hồ tự nhiên, tuy nhiên hiệu quả xử lý chưa cao, khó có khả năng xử lý triệt để các thành phần nitơ, hơn nữa cần thời gian xử lý dài và mặt bằng xây dựng lớn [1-3].

Thiết bị phản ứng theo mẻ kế tiếp (SBR) đã được nghiên cứu và ứng dụng nhiều trong xử lý nước thải do có các ưu điểm: Có thể xử lý đồng thời các chất hữu cơ và nitơ; công nghệ linh hoạt, có thể thay đổi chế độ vận hành phù hợp với tính chất khác nhau của nhiều loại nước thải và không cần bể lắng cuối [4-10]. Tuy nhiên, đối với SBR thông thường, để nâng cao khả năng xử lý đồng thời các chất hữu cơ và nitơ cần phải thực hiện nhiều chu trình phản ứng thiếu khí - hiếu khí luân phiên, kết hợp với áp dụng chế độ cấp nước thải nhiều lần vào giai đoạn đầu của mỗi chu trình thiếu khí - hiếu khí [4, 5, 9]. Vì vậy, quá trình SBR thông thường với nhiều chu trình thiếu - hiếu khí trở nên phức tạp, khó áp

\*Tác giả liên hệ: Email: namdv@ims.vast.vn

# High-performance modified SBR for simultaneous removal of organic and nitrogen matters from rubber latex processing wastewater

Van Nam Duong<sup>1,2\*</sup>, Do Hung Phan<sup>2,3</sup>  
Hoai Chau Nguyen<sup>2,3</sup>, Van Vien Dinh<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Institute of Materials Science, VAST

<sup>2</sup>Graduate University of Science and Technology, VAST

<sup>3</sup>Institute of Environmental Technology, VAST

Received 24 August 2017; accepted 4 October 2017

## Abstract:

In this study, the simultaneous removal of organic and nitrogen substances from rubber latex processing wastewater was investigated using modified sequencing batch reactors (SBRs). The reactors were specially designed to consist of both oxic zone with aeration and anoxic one without aeration in a single-stage reactor. In these reactors, wastewater mixture is able to continuously circulate itself from one zone to the other during aeration. Therefore, nitrification and denitrification could be occurred simultaneously in the two zones of these reactors. Reactors R1 and R2 with different aeration modes were used for evaluating the effect of aeration modes. Aeration was kept at constant air flow-rate for R1, while varied from lower air flow-rate in the early period of the reaction stage to higher air flow-rate in the later one for R2. The reactor R1 with the conventional aeration mode achieved high COD as well as T-N removal efficiencies. Furthermore, the performance of the reactor R2, which was operated under the specific aeration mode, was greatly improved in terms of T-N removal. In the ranges of COD and T-N loading rates of 0.9-1.6 kg COD·m<sup>-3</sup>·d<sup>-1</sup> and 0.16-0.31 kg N·m<sup>-3</sup>·d<sup>-1</sup>, respectively, the average COD, ammonium, and T-N removal efficiencies of R2 were 97%, nearly 100%, and 94-97%, respectively.

**Keywords:** Modified SBR, rubber latex processing wastewater, simultaneous removal of organic and nitrogen matters.

**Classification number:** 2.7

đúng trong thực tế, đặc biệt là ở điều kiện Việt Nam.

Với mục đích vừa nâng cao hiệu quả xử lý cùng lúc các chất hữu cơ và nitơ, vừa đơn giản hóa quy trình vận hành, nghiên cứu này được thực hiện nhằm cải tiến thiết bị SBR thông thường để có thể đồng thời thực hiện các quá trình hiếu khí và thiếu khí, tức là để có thể xử lý đồng thời các hợp chất nitơ cùng lúc với xử lý các chất hữu cơ, chỉ trong một giai đoạn phản ứng duy nhất.

## Nguyên liệu và phương pháp

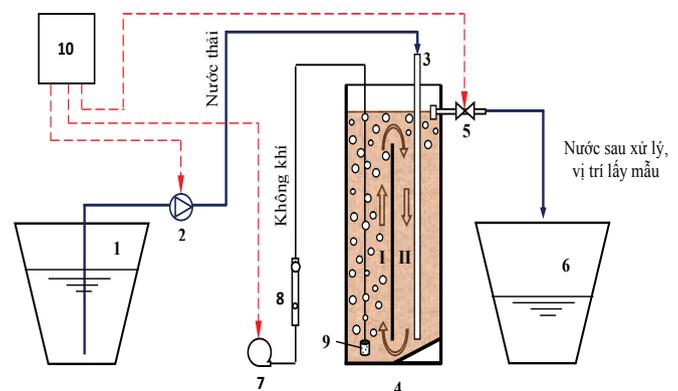
### Nước thải

Nước thải sử dụng trong nghiên cứu này là nước thải của Nhà máy Cao su Hà Tĩnh sau khi được xử lý qua hệ thống UASB trong phòng thí nghiệm. Nước thải sau xử lý kỵ khí có COD trong khoảng 1.600-2.016 mg/l; nồng độ nitơ amoni (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) và tổng nitơ (T-N) tương ứng trong các khoảng 154-261 mg/l và 231-391 mg/l (bảng 1).

**Bảng 1. Đặc trưng nước thải và các chế độ thí nghiệm.**

Thông số	Giai đoạn khởi động		Giai đoạn ổn định		
	Chế độ I	Chế độ II	Chế độ III	Chế độ IV	Chế độ V
COD vào, mg/l	1671±34	1743±79	1600±39	1717±25	2016±80
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> vào, mg/l	154±6	154±10	190±13	208±5	261±17
T-N vào, mg/l	231±9	232±15	284±19	311±8	391±26
Lưu lượng nước thải, l/ngày	4,67±0,09	6,28±0,12	8,45±0,08	10,4±0,2	11,8±0,3
Tải trọng COD, kg COD/(m <sup>3</sup> ×ngày)	0,52±0,01	0,73±0,02	0,90±0,02	1,19±0,03	1,61±0,06
Tải trọng N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , kg N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> /(m <sup>3</sup> ×ngày)	0,048±0,002	0,064±0,003	0,11±0,01	0,14±0,01	0,21±0,01
Tải trọng T-N, kg T-N/(m <sup>3</sup> ×ngày)	0,071±0,003	0,096±0,005	0,16±0,01	0,21±0,01	0,31±0,02

### Các hệ thiết bị thí nghiệm



**Hình 1. Hệ thí nghiệm SBR cải tiến.**

1. Thùng chứa nước thải, 2. Bơm cấp nước thải, 3. Ống cấp nước thải, 4. Thiết bị SBR cải tiến, 5. Van xả tự động, 6. Thùng chứa nước sau xử lý, 7. Máy thổi khí, 8. Lưu lượng kế khí, 9. Cục phân tán khí, 10. Bộ điều khiển, I. Vùng hiếu khí II, Vùng thiếu khí.

Hai hệ thống thiết bị (R1, R2) giống nhau như hình 1 đã được sử dụng để nghiên cứu. Mỗi hệ thống bao gồm thiết bị SBR cải tiến; bơm cấp nước thải; máy thổi khí; và van xả tự động. Các thiết bị có thể điều khiển được chế độ hoạt động theo chu kỳ thời gian mong muốn. Thí nghiệm được tiến hành theo hình thức xử lý theo mẻ. Thiết bị SBR cải tiến được chế tạo từ nhựa acrylic trong suốt, có tổng thể tích hữu ích và chiều cao làm việc tương ứng là 15 lít và 1,34 m.

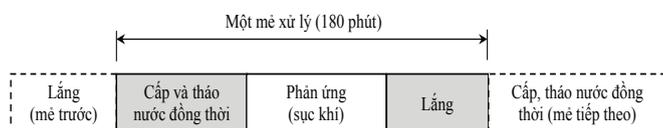
Thiết bị SBR cải tiến được phát triển trong nghiên cứu này khác với các thiết bị SBR thông thường, được chia thành hai vùng bởi vách ngăn nhưng thông nhau ở cả phía trên mặt và dưới đáy, và việc cấp không khí trong giai đoạn phản ứng của mỗi mẻ xử lý chỉ được thực hiện ở vùng thứ nhất. Trong giai đoạn sục khí, do có sự chênh lệch khối lượng riêng của hỗn hợp nước - bùn giữa hai vùng có sục khí và không có sục khí mà hỗn hợp có khối lượng riêng lớn hơn từ vùng không sục khí được tuần hoàn về vùng có sục khí, tạo ra vòng tuần hoàn khép kín giữa hai vùng (hình 1). Với cấu tạo như vậy, trong thiết bị SBR cải tiến này đồng thời tồn tại cả hai vùng hiếu khí và thiếu khí ngay trong cùng một thiết bị, và hỗn hợp nước - bùn được luân chuyển từ vùng này sang vùng kia nhờ hiệu ứng khí nâng mà không cần sử dụng bơm tuần hoàn ngoài.

Ngoài ra, thiết bị này cũng được cải tiến để có thể gộp các giai đoạn tháo nước đã xử lý của mẻ trước và cấp nước mới cho mẻ tiếp theo như ở thiết bị SBR thông thường thành một bước cấp và tháo nước đồng thời, được thực hiện cùng lúc. Việc này được thực hiện bằng cách cấp nước thải cho mẻ mới vào phía dưới đáy thiết bị, đồng thời mở van tháo nước phía trên thiết bị để nước đã xử lý của mẻ trước ở phần phía trên thiết bị chảy ra ngoài. Việc cấp và tháo nước đồng thời cho phép kéo dài thời gian phản ứng trong mỗi mẻ xử lý, do đó có thể nâng cao hiệu quả xử lý, đồng thời cũng cho phép đơn giản hóa quy trình vận hành thiết bị.

**Quy trình và chế độ thí nghiệm**

*Quy trình thí nghiệm:*

Chu trình vận hành của các hệ thiết bị thí nghiệm như hình 2, bao gồm ba giai đoạn tuần tự nối tiếp nhau: Cấp và tháo nước đồng thời, phản ứng, và lắng.



**Hình 2. Chu trình làm việc của thiết bị thí nghiệm.**

Chế độ hoạt động của các hệ thiết bị thí nghiệm được trình bày trong bảng 2. Tổng thời gian của mỗi mẻ xử lý là 180 phút, trong đó giai đoạn cấp và tháo nước đồng thời được thực hiện trong 10 phút, giai đoạn phản ứng kéo dài

145 phút và thời gian lắng là 25 phút.

Ở thiết bị thí nghiệm thứ nhất (R1), trong suốt giai đoạn phản ứng, tương tự như các hệ SBR thông thường, quá trình sục khí được tiến hành ở lưu lượng không khí không đổi (2,0 l/phút).

Ở thiết bị thí nghiệm thứ hai (R2), trong chu kỳ phản ứng, quá trình sục khí được thực hiện với hai giai đoạn có lưu lượng không khí khác nhau. Ở giai đoạn 55 phút ban đầu, lưu lượng không khí được duy trì ở mức thấp (0,5 l/phút) nhằm duy trì mức DO (oxy hòa tan) thấp (< 0,5 mg/l) để thực hiện đồng thời các quá trình nitrit/nitrat hóa và khử nitrit/nitrat ở cả hai ngăn của thiết bị; ở giai đoạn 90 phút tiếp theo, lưu lượng không khí được tăng lên mức 2,0 l/phút nhằm tăng DO trong thiết bị để oxy hóa triệt để chất hữu cơ và amoni còn lại.

**Bảng 2. Chế độ hoạt động của các thiết bị.**

Thiết bị	Thời gian cấp và tháo nước đồng thời, phút	Thời gian phản ứng, phút		Thời gian lắng, phút
		Sục khí 0,4 l/phút	Sục khí 2,0 l/phút	
R1	10	0	145	25
R2		55	90	

*Chế độ thí nghiệm:*

Các cột SBR được khởi động với nguồn bùn hoạt tính được lấy từ một hệ thống xử lý nước thải sinh hoạt theo công nghệ lọc sinh học hiếu khí - thiếu khí với nồng độ MLSS ban đầu khoảng 5.000 mg/l. Quá trình khởi động được thực hiện bằng phương thức tăng dần lưu lượng nước thải với điều kiện tải trọng COD và T-N ban đầu tương ứng là 0,5 kg COD/(m<sup>3</sup>×ngày) và 0,07 kg T-N/(m<sup>3</sup>×ngày).

Các thí nghiệm được thực hiện ở nhiệt độ phòng (28-34°C), pH nước thải đầu vào trong khoảng 6,0-7,0 (pH trong thiết bị thay đổi trong khoảng 7,6-8,6) và MLSS được duy trì trong khoảng 6.000-6.500 mg/l. Các chế độ thí nghiệm ở các tải trọng hữu cơ và nitơ khác nhau như ở bảng 2.

**Phương pháp phân tích**

Amoni được xác định bằng phương pháp trắc phổ Phenat (theo Standard Methods, 1995) tại bước sóng 640 nm trên thiết bị UV-Vis spectrophotometer 2450 (Shimadzu - Nhật Bản).

Nitrat được xác định theo phương pháp trắc phổ dùng axit sunfosalixylic (TCVN 6180:1996 - ISO 7890-3:1988) tại bước sóng 410 nm trên thiết bị UV-Vis spectrophotometer 2450 (Shimadzu - Nhật Bản).

Nitrit được xác định theo phương pháp trắc phổ với hệ thuốc thử Griss (theo Standard Method, 1995) tại bước sóng 430 nm trên thiết bị UV-Vis spectrophotometer 2450

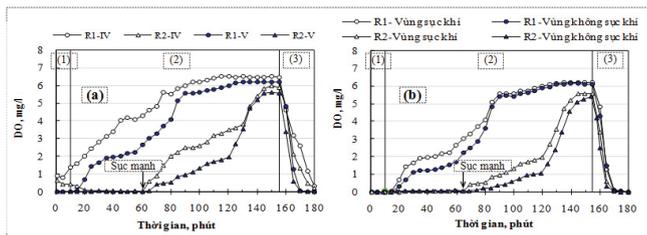
(Shimadzu - Nhật Bản).

COD, BOD, T-N và TSS được xác định theo TCVN 6491:1999 (ISO 6060:1989), TCVN 6001-1:2008 (ISO 5815-1:2003), TCVN 6638:2000 (ISO 10048: 1991) và TCVN 6625:200 (ISO 11923:1997).

**Kết quả và thảo luận**

**Sự thay đổi DO trong chu trình xử lý**

Sự thay đổi DO trong các thiết bị R1 và R2 theo chu trình xử lý ở các chế độ IV và V được thể hiện ở hình 3a; sự khác biệt DO ở các vùng sục khí và không sục khí ở chế độ V được thể hiện ở hình 3b.



**Hình 3. Sự thay đổi DO trong các thiết bị trong một mẻ xử lý.**

(a) Ở các chế độ IV và V, (b) Ở các vùng có và không sục khí (chế độ V), (1) Giai đoạn cấp thảo nước, (2) Giai đoạn phản ứng, (3) Giai đoạn lắng.

Kết quả ở hình 3a cho thấy, với cả hai thiết bị thí nghiệm, trong các giai đoạn không sục khí, tức là giai đoạn cấp thảo nước đồng thời và giai đoạn đoạn lắng, DO giảm; còn trong giai đoạn sục khí, DO sẽ tăng dần với tốc độ tăng phụ thuộc vào chế độ tải trọng và chế độ sục khí. DO ở chế độ tải trọng COD và T-N thấp (chế độ IV) cao hơn DO ở chế độ tải trọng COD và T-N cao (chế độ V). Kết quả này là do, khi tải trọng COD và T-N tăng thì lượng oxy tiêu thụ cho quá trình oxy hóa chất hữu cơ và nitrit/nitrat hóa amoni sẽ tăng, dẫn đến DO giảm. Ở thiết bị R2, do quá trình sục khí trong giai đoạn đầu được tiến hành ở lưu lượng thấp, DO trong thời gian đầu của giai đoạn phản ứng luôn rất thấp (< 0,5 mg/l); sau đó khi tăng lưu lượng sục khí, DO trong thiết bị tăng dần, nhưng luôn thấp hơn rõ rệt so với thiết bị R1. DO thấp trong thời gian đầu của giai đoạn phản ứng sẽ thuận lợi cho quá trình khử nitrit/nitrat.

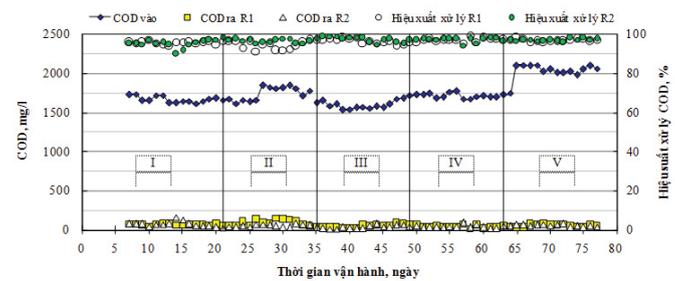
Hình 3b cho thấy, có sự khác biệt rõ rệt về DO ở các vùng sục khí và không sục khí đối với cả hai thiết bị R1 và R2. DO thấp hơn trong vùng không sục khí sẽ đảm bảo cho quá trình khử nitrit/nitrat xảy ra thuận lợi hơn trong vùng này.

**Hiệu quả xử lý COD**

Hiệu quả xử lý COD ở các chế độ thí nghiệm khác nhau được trình bày ở hình 4. Kết quả nhận được cho thấy, về hiệu quả xử lý COD, cả hai hệ thiết bị R1 và R2 gần như

đã đạt được trạng thái ổn định chỉ sau một tuần khởi động. Kết quả này là do lượng bùn hoạt tính đưa vào khởi động hệ thống lớn và nguồn bùn có hoạt tính cao.

Hiệu suất xử lý COD trung bình ở tất cả các chế độ khác ổn định và luôn đạt trên 95%. Theo thời gian vận hành, mặc dù tải trọng COD cũng như tải trọng T-N được tăng dần nhưng hiệu suất xử lý COD của cả hai hệ thiết bị có xu hướng ngày càng ổn định và đạt trung bình 97% ở các chế độ III-V. Khả năng xử lý COD của hai hệ thiết bị là tương đương. COD sau xử lý ở các chế độ III-V phần lớn luôn nhỏ hơn 75 mg/l đối với cả hai hệ thiết bị. Kết quả này cho thấy, trong khoảng khảo sát, tải trọng COD hầu như chưa ảnh hưởng đến hiệu suất xử lý COD đối với cả hai hệ thiết bị.

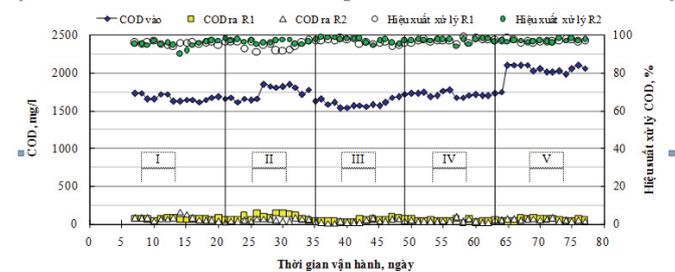


**Hình 4. Hiệu quả xử lý COD ở các chế độ khác nhau.**

**Hiệu quả xử lý NH<sub>4</sub><sup>+</sup>**

Kết quả nhận được ở hình 5 cho thấy, tương tự như trường hợp COD, hiệu suất xử lý amoni của cả hai hệ thiết bị gần như đã đạt được giá trị ổn định chỉ sau khoảng một tuần khởi động. Các hệ thí nghiệm nhanh chóng đạt được trạng thái ổn định là do lượng bùn hoạt tính ban đầu sử dụng để khởi động là khá lớn (5.000 mg/l), đồng thời nguồn bùn hoạt tính được lấy từ hệ thống hiếu khí - thiếu khí nên có hoạt tính nitrit/nitrat hóa và khử nitrit/nitrat cao.

Hình 5 cũng chỉ ra rằng, hiệu quả xử lý NH<sub>4</sub><sup>+</sup> của hai thiết bị là tương đương, trung bình đều đạt trên 99% và nồng độ amoni trung bình sau xử lý đều dưới 1 mg/l.



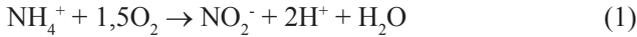
**Hình 5. Hiệu quả xử lý NH<sub>4</sub><sup>+</sup> ở các chế độ khác nhau.**

Trong thiết bị SBR cải tiến tồn tại cả hai vùng hiếu khí và thiếu khí, nên xảy ra cùng lúc cả hai quá trình nitrit/nitrat hóa và khử nitrit/nitrat trong cùng một giai đoạn phản ứng

được biểu diễn bởi các phương trình phản ứng như dưới đây.

Các phản ứng nitrit/nitrat hóa:

Nitrit hóa:

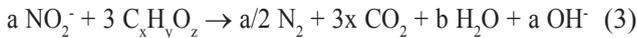


Nitrat hóa nitrit:



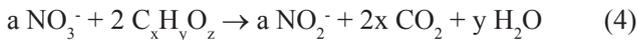
Các phản ứng khử nitrit/nitrat:

Khử nitrit:



Trong đó,  $C_xH_yO_z$  là cơ chất hữu cơ,  $a = (4x + y - 2z)$ ,  $b = (y + z - 2x)$ .

Khử nitrat thành nitrit:



Mặc dù DO trong thiết bị R2, trong phần lớn thời gian của mỗi mẻ xử lý, thấp hơn nhiều so với DO trong thiết bị R1 (hình 3a), nhưng hiệu quả xử lý  $NH_4^+$  vẫn cao tương đương thiết bị R1. Điều này được lý giải là do, mặc dù lượng không khí cấp cho thiết bị R2 thấp hơn nhưng vẫn đủ, tối thiểu là cho bước nitrit hóa theo phản ứng (1) xảy ra hoàn toàn. Mặt khác, ở điều kiện DO thấp, quá trình khử nitrit/nitrat theo các phản ứng (3) và (4) xảy ra càng dễ dàng, làm giảm lập tức lượng nitrit/nitrat sinh ra, điều này thúc đẩy quá trình nitrit hóa nhanh hơn. Nghiên cứu của D. Peng và cộng sự (2001) cũng đã cho thấy, hiệu suất loại amoni trong thiết bị SBR cũng xảy ra với hiệu suất cao ngay cả ở điều kiện DO thấp dưới 0,8 mg/l [10].

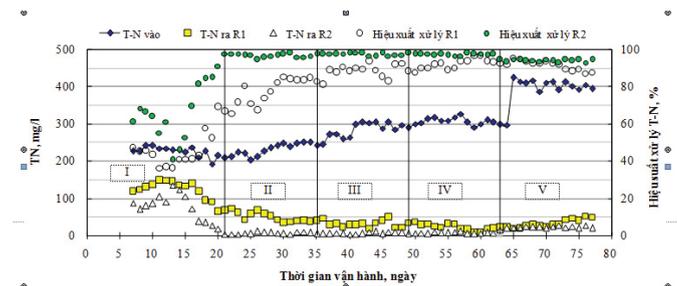
Với SBR thông thường, chế độ sục khí có ảnh hưởng rõ rệt đến hiệu suất xử lý amoni [4, 9]. Trong nghiên cứu này, hai thiết bị R1 và R2 được vận hành ở các điều kiện DO rất khác biệt nhau, nhưng hiệu quả xử lý amoni của cả hai thiết bị đều rất cao và ổn định. Kết quả này cho thấy, SBR cải tiến như trong nghiên cứu này ít bị ảnh hưởng bởi tốc độ sục khí và do đó có tính ổn định cao.

### Hiệu quả xử lý T-N

Hiệu suất xử lý T-N ở các chế độ thí nghiệm khác nhau được trình bày ở hình 6. Kết quả thu được cho thấy, thời gian khởi động để các hệ thiết bị đạt được hiệu suất xử lý T-N ổn định kéo dài hơn so với các trường hợp của COD và  $NH_4^+$ , 21 ngày đối với thiết bị R2 và khoảng 30 ngày đối với thiết bị R1. Sau khi ổn định, hiệu suất xử lý T-N của thiết bị R1 đạt khá cao, trung bình 88-92% ở các chế độ III-V. So với thiết bị R1, thiết bị R2 có khả năng đạt được trạng thái ổn định nhanh hơn, hiệu suất xử lý cao hơn và ổn định hơn. Hiệu suất xử lý T-N trung bình của thiết bị R2 ở các chế độ III và IV là 97%, còn ở chế độ V có giảm đôi chút, trung

bình 94%. Mặc dù tốc độ xử lý T-N ở chế độ V cao hơn ở chế độ III và IV (0,29 so với 0,20 kg T-N/(m<sup>3</sup>×ngày)), hiệu suất xử lý T-N ở chế độ V có giảm đi, điều đó chứng tỏ rằng ở chế độ này tải trọng T-N bắt đầu ảnh hưởng đến hiệu suất xử lý, do đó tốc độ xử lý không còn tuyến tính với tải trọng cấp vào.

Các kết quả trên cho thấy rằng, hiệu quả xử lý T-N của thiết bị R2 đã được nâng cao đáng kể so với thiết bị R1. Hiệu quả xử lý T-N của thiết bị R2 cao hơn và ổn định hơn thiết bị R1 là do DO trong thiết bị R2 thấp hơn, nên quá trình khử nitrit/nitrat (phản ứng (3) và (4)) xảy ra thuận lợi hơn.



Hình 6. Hiệu quả xử lý T-N ở các chế độ tải trọng khác nhau.

Tổng hợp một số kết quả nghiên cứu về xử lý đồng thời các chất hữu cơ và nitơ được tập hợp ở bảng 3. So với thiết bị SBR thông thường, thiết bị SBR cải tiến trong nghiên cứu này cho hiệu quả xử lý COD,  $N-NH_4^+$  và T-N đều cao. Bên cạnh đó, tải trọng làm việc của thiết bị với các thông số COD và T-N cũng khá cao, tương ứng có thể lên tới 1,6 kg COD/(m<sup>3</sup>×ngày) và 0,31 kg T-N/(m<sup>3</sup>×ngày).

Bảng 3. Một số kết quả nghiên cứu xử lý đồng thời hữu cơ và nitơ trên thiết bị SBR.

Tác giả	Tải trọng (kg/(m <sup>3</sup> ×ngày))		Hiệu quả xử lý (%)			Công nghệ/Loại nước thải nghiên cứu
	COD	T-N	COD	$N-NH_4^+$	T-N	
Anupam Debsarkar (2006) [6]	0,3	0,01-0,026	91-94	88-100	73-75	SBR/Nước thải pha
Tahereh Jafarzadeh Ghehi (2014) [8]	0,6	0,03-0,12	90-94	-	59-88	SBR/Nước thải pha
Mustafa M. Bob (2015) [7]	1,6	0,072	67-87	71-92	-	SBR/Nước thải pha
Nguyễn Trọng Lực (2009) [11]	2,6-5,2	0,20	96	90	-	SBR kiểu khí nâng/Nước thải pha
Xiancai Song (2017) [9]	-	-	96	99	92	SBR ba chu trình thiếu - hiệu khí, cấp nước bả lần/nước thải pha
Nghiên cứu này (thiết bị R2, các chế độ III-V)	0,9	0,16	97	~100	97	SBR cải tiến/Nước thải chế biến mù cao su sau xử lý kỵ khí
	1,2	0,21	97	~100	97	
	1,6	0,31	97	~100	94	

## Kết luận

Thiết bị SBR cải tiến bao gồm cả vùng sục khí và không sục khí với quy trình cấp - tháo nước kết hợp có khả năng xử lý đồng thời các chất hữu cơ và nitơ trong nước thải chế biến mù cao su sau xử lý kỵ khí với hiệu quả xử lý được nâng cao rõ rệt so với thiết bị SBR thông thường.

Thiết bị SBR cải tiến với chế độ sục khí thông thường cho hiệu suất xử lý COD, amoni và T-N trung bình tương ứng 97%, xấp xỉ 100% và 88-92% ở các khoảng tải trọng COD,  $\text{NH}_4^+$  và T-N khá cao, tương ứng là 0,9-1,6 kg COD/ $(\text{m}^3 \times \text{ngày})$ , 0,11-0,21 kg  $\text{N-NH}_4^+$ / $(\text{m}^3 \times \text{ngày})$  và 0,16-0,31 kg T-N/ $(\text{m}^3 \times \text{ngày})$ .

Thiết bị SBR cải tiến với chế độ sục khí đặc biệt gồm giai đoạn sục nhẹ ban đầu và giai đoạn sục mạnh tiếp theo trong giai đoạn phản ứng có hiệu quả xử lý và tính ổn định cao, đặc biệt hiệu suất xử lý T-N được nâng cao đáng kể. Trong khoảng tải trọng nghiên cứu như ở trên, hiệu suất xử lý COD,  $\text{NH}_4^+$  và T-N trung bình của thiết bị này tương ứng là 97%, gần 100% và 94-97%.

Với thiết bị SBR cải tiến, các quá trình nitrit/nitrat hóa và khử nitrit/nitrat được thực hiện đồng thời chỉ trong một chu trình phản ứng, không cần tách riêng các giai đoạn thiếu khí và hiếu khí, không cần dùng thiết bị khuấy trộn nên quy trình vận hành được đơn giản hóa và thiết bị kiểu này có khả năng tiết kiệm năng lượng cao.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyen Nhu Hien và Luong Thanh Thao (2012), "Situation of wastewater treatment of natural rubber latex processing in The Southeastern region, Vietnam", *Journal of Vietnamese Environment*, **2(2)**, pp.58-64.
- [2] Trần Thị Thúy Hoa (2017), "Tổng quan yêu cầu phát triển bền vững đối với ngành cao su thế giới và Việt Nam", *Hội thảo tập huấn Giảm thiểu rủi ro*

*môi trường - xã hội cho doanh nghiệp cao su trong tiểu vùng Mê Kông.*

[3] Nguyễn Ngọc Bích (2011), "Báo cáo sơ kết áp dụng công nghệ hồ tảo trong xử lý nước thải tại một số nhà máy chế biến thuộc Tập đoàn công nghiệp cao su Việt Nam", *Hội nghị ứng dụng tiến bộ KHKT trong chế biến cao su và định hướng công tác chế biến giai đoạn 2011-2015.*

[4] Phạm Thị Hải Thịnh, Phan Đỗ Hùng và Trần Thị Thu Lan (2012), "Xử lý đồng thời hữu cơ và nitơ trong nước thải chăn nuôi lợn bằng phương pháp SBR: Ảnh hưởng của chế độ vận hành và tỷ lệ giữa cacbon hữu cơ và nitơ", *Tạp chí Khoa học và công nghệ*, **50(2B)**, tr.143-152.

[5] Anduaem Mekonnen and Seyoum Leta (2011), "Effect of Cycle and Fill Period Length on the Performance of a Single Sequencing Batch Reactor in the Treatment of Composite Tannery Wastewater", *Nature and Science*, **9(10)**, pp.1-8.

[6] Anupam Debsarkar, Somnath Mukherjee and Siddhartha Datta (2006), "Sequencing Batch Reactor (SBR) Treatment for Simultaneous Organic Carbon and Nitrogen Removal- A Laboratory Study", *Journal of Environ. Science & Eng.*, **78(3)**, pp.169-174.

[7] Mustafa M. Bob, Siti I. Azmi, Mohd H. Ab Halim, Nur S. Jamal, Aznah Nor-Anuar, Zaini Ujang (2015), "Sequencing Batch Reactors Operation at High Temperature for Synthetic Wastewater Treatment Using Aerobic Granular Sludge", *International Water Technology Journal*, **5(1)**, pp.69-76.

[8] T. Jafarzadeh Ghehi, et al. (2014), "Performance evaluation of enhanced SBR in simultaneous removal of nitrogen and phosphorous", *Journal of Environmental Health Science & Engineering*. **12(1)**, <https://doi.org/10.1186/s40201-014-0134-2>.

[9] Xiancai Song, et al. (2017), "Step-feeding SBR for nitrogen removal from expressway service area sewage", *AIP Conference Proceedings*, <http://dx.doi.org/10.1063/1.4977293>.

[10] Peng Dangcong, Nicolas Bernet, Jean-Phillipe Delgenes and Rene Moletta (2001), "Simultaneous Organic carbon and Nitrogen Removal in an SBR Controlled at Low Dissolved Oxygen Concentration", *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, **76**, pp.553-558.

[11] Nguyễn Trọng Lực, Nguyễn Phước Dân và Trần Tây Nam (2009), "Nghiên cứu tạo hạt hiếu khí khử COD và Amonia trên bề mặt phản ứng khí nâng từng mẻ luân phiên", *Tạp chí Phát triển khoa học và công nghệ*, **12(2)**, tr.39-50.