

XỬ LÝ TRIỆT ĐỂ NƯỚC THẢI SINH HOẠT BẰNG BỂ LỌC VẬT LIỆU LỌC NỔI TỰ RỬA (VẬN TỐC LỌC 7,5M/H)

ADVANCED WASTEWATER TREATMENT BY HYDRAULIC AUTOMATIC FLOATING MEDIA FILTER (FILTRATION VELOCITY OF 7.5 M/H)

Phạm Văn Dương^{1,*}

TÓM TẮT

Nghiên cứu trên mô hình xử lý bậc 3 nước thải sinh hoạt bằng bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa. Mô hình bể lọc sử dụng vật liệu polystyrene với đường kính trung bình là $D_e = 1,22$ mm; hệ số không đồng nhất $K_d (d_{80}/d_{10}) = 1,38$; tỷ trọng là 45 kg/m^3 và độ rỗng là 40%. Chiều dày vật liệu lọc 120cm. Nước thải sau xử lý sinh học bậc 2 được đưa vào mô hình thí nghiệm với vận tốc lọc là 7,5m/h. Nồng độ oxy duy trì liên tục ở mức 2,0 mg/l nhờ ejector. Tổn thất cột áp và chất lượng nước thải được nghiên cứu trong quá trình lọc. Với chu kỳ lọc 62,5 giờ, tổn thất cột áp trung bình mỗi giờ 1,84 cm và cường độ rửa lọc là 10-12 l/s/m². Hiệu quả xử lý SS, COD, BOD₅, NH₄⁺ và tổng Nitơ trung bình lần lượt là 58,1%, 65,1%, 66,9%, 73,6% và 45,5%.

Từ khóa: Tổn thất, loại bỏ COD, loại bỏ BOD₅, loại bỏ SS, loại bỏ NH₄⁺, xử lý triệt để, xử lý bậc 3, bể lọc nổi tự động thủy lực.

ABSTRACT

A pilot scale experiment was carried out in tertiary wastewater treatment using hydraulic automatic floating filter. Polystyrene with effective diameter $D_e = 1.22$ mm, coefficient of heterogeneity $K_d (d_{80}/d_{10}) = 1.38$, density of the polystyrene floating filter media 45 kg/m^3 and porosity 40% was used in a filter pilot as floating media. The hydraulic automatic floating media filter has been working with 120 cm depth polystyrene bed. Wastewater from secondary biological treatment were treated in pilot filter with filtration velocity of 7.5 m/h. The oxygen concentration was remain constantly at level 2.0 mg/l thank to ejector. Headloss development and effluent water quality during filtration were studied. With filtration cycle of 62.5 hours, headloss rate of 1.84 cm per hour, and backwashing rate of 10-12 l/s/m². The effects of treatment in SS, COD, BOD₅, NH₄⁺ and total Nitrogen were 58.1%, 65.1%, 66.9%, 73.6% and 45.5% respectively.

Keywords: Headloss, COD removal, SS removal, effectiveness, advanced treatment, tertiary treatment, hydraulic automatic floating media filter.

¹Khoa Kỹ thuật Hạ tầng và Môi trường Đô thị, Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội

*Email: phamvandung112@gmail.com

Ngày nhận bài: 12/12/2017

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 25/01/2018

Ngày chấp nhận đăng: 26/02/2018

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

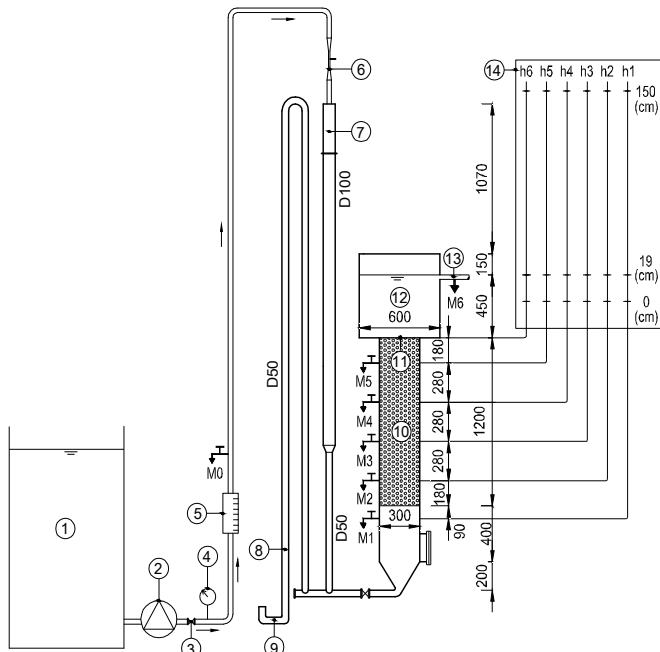
Quá trình xử lý sơ cấp và thứ cấp loại bỏ phần lớn các chất hữu cơ (BOD) và chất rắn lơ lửng (SS) trong nước thải.

Tuy nhiên, trong một số trường hợp chỉ ra rằng mức độ xử lý này không đủ để đảm bảo xả ra nguồn tiếp nhận hoặc dùng cho tái sử dụng cho các mục đích như dịch vụ đô thị, công nghiệp và nông nghiệp. Vì vậy, các công đoạn xử lý bổ sung được thêm vào trong các nhà máy xử lý nước thải để loại bỏ các chất rắn, chất hữu cơ, chất dinh dưỡng hoặc chất độc hại [6]. Vì vậy xử lý triệt để nước thải có thể được định nghĩa là công đoạn xử lý bổ sung cần thiết để loại bỏ các chất lơ lửng cũng như hòa tan trong nước thải dưới nồng độ giới hạn sau công đoạn xử lý bậc hai. Hiện nay, xử lý nước thải triệt để có thể phân thành 3 loại chính như sau: (i) xử lý bậc 3; (ii) xử lý hóa học - cơ học và (iii) xử lý kết hợp sinh học - cơ học [6]. Một cách khác để phân loại xử lý triệt để là dựa vào mục tiêu xử lý như (i) bổ sung chất hữu cơ và loại bỏ chất rắn lơ lửng; (ii) loại bỏ chất dinh dưỡng (N, P); (iii) loại bỏ chất độc hại; (iv) làm giàu oxy và (v) khử trùng [6, 3]. Trong khái niệm này, bể lọc thí nghiệm được sử dụng như là quá trình xử lý bậc ba trong xử lý triệt để nước thải. Trong xử lý triệt để nước thải, bể lọc cát được sử dụng phổ biến cho việc loại bỏ các chất hữu cơ (BOD) và chất rắn lơ lửng (SS) [4, 7, 8]. Tuy nhiên, nhờ sự phát triển của công nghệ vật liệu, bể lọc vật liệu nổi tự rửa vật liệu lọc polystyrene được áp dụng ngày càng phổ biến. Bể lọc nổi vật liệu polystyrene có nhiều ưu điểm hơn so với bộ lọc vật liệu cát như (i) quy trình rửa lọc đơn giản hơn bể lọc cát, không cần trang bị bơm rửa lọc; (ii) tiết kiệm năng lượng và nước; (iii) cấu tạo bể đơn giản giảm giá thành đầu tư xây dựng [3, 4, 7].

Mục tiêu của nghiên cứu này là nghiên cứu tính hiệu quả của quá trình xử lý triệt để nước thải thông qua SS, COD, BOD₅ và NH₄⁺, tổng Nitơ và tốc độ gia tăng tổn thất rất quan trọng đối với bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa [4].

2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP THÍ NGHIỆM

Thí nghiệm được tiến hành tại nhà máy xử lý nước thải sinh hoạt của Công ty TNHH Youngone Nam Định, KCN Hòa Xá, thành phố Nam Định, tỉnh Nam Định. Sơ đồ thí nghiệm được thể hiện trong hình 1. Nguồn nước thải sinh hoạt (1) lấy nước thải sau bể lắng 2 (sau xử lý sinh học bậc 2) được dẫn đến mô hình thí nghiệm của bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa (hình 1).



Hình 1. Mô hình thí nghiệm xử lý triệt để nước thải sinh hoạt bằng bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa thủy lực

- (1) Thùng chứa nước thải từ bể lắng 2 đến;
- (2) Bơm nước thải;
- (3) Van điều chỉnh lưu lượng;
- (4) Đồng hồ đo áp lực;
- (5) Lưu lượng kế;
- (6) Ejector;
- (7) Ống ổn định áp lực;
- (8) Xi-phông thủy lực;
- (9) Khóa thủy lực;
- (10) Vật liệu lọc;
- (11) Lưới lọc;
- (12) Thùng chứa nước rửa lọc;
- (13) Nước thải sau xử lý;
- (14) Bảng đo áp;

Bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa được làm bằng inox 304 có đường kính $D = 300\text{mm}$, các kích thước chi tiết của bể lọc được thể hiện như trên hình 1, bể lọc được trang bị cửa sổ bằng thủy tinh hữu cơ theo chiều dọc bể để quan sát bên trong bể. Nước thải (1) được bơm từ sau bể lắng 2 qua ejector thu khí (6) với lưu lượng $q = 0,53\text{ m}^3/\text{h}$, bể lọc làm việc với tốc độ lọc là $7,5\text{ m/h}$. Nồng độ oxy trong bể lọc luôn duy trì $2,0\text{mg/l}$ được điều chỉnh thông qua ejector (6). Chiều dày của lớp vật liệu lọc nổi polystyrene là 120 cm . Tổn thất cột áp tăng dần trong quá trình lọc và được xác định qua bảng đo áp (14). Trong quá trình làm việc cặn và màng sinh học dần dần chiếm đầy lỗ rỗng trong lớp vật liệu lọc, làm gia tăng tổn thất qua lớp vật liệu lọc dẫn tới mực nước trong ống ổn định áp (7) dâng lên, theo nguyên lý của bình thông nhau thì mực nước bên ống xi-phông (8) cũng dâng lên đồng thời khi mức nước dâng cao hơn đỉnh xi-phông sẽ tràn vào khóa thủy lực ngăn cản mối liên hệ của phần bên trong xi-phông với môi trường ngoài đồng thời ejector sẽ hút hết lượng khí trong ống xi-phông, do không được liên hệ với không khí nên trong ống xi-phông hình thành chân không lúc này xi-phông bắt đầu làm việc khởi động quá trình rửa lọc. Quá trình rửa lọc sẽ dừng lại khi mức nước trong thùng chứa (12) xuống thấp nhất khởi động ống phá hiệu ứng xi-phông. Chất lượng nước được phân tích các chỉ tiêu SS, COD, BOD₅, NH₄⁺, tổng nitơ, PO₄³⁻ cũng như pH và nhiệt độ (°C) của nước thải.

Lưu lượng nước thải vào bể lọc được điều chỉnh bằng van và xác định bằng phương pháp thể tích. Cường độ của

quá trình rửa ngược được thiết kế khoảng $10-12\text{ l/s.m}^2$ thời gian rửa lọc $4-5$ phút. Kết quả xác định BOD₅, COD, SS, NH₄⁺, tổng Nitơ, PO₄³⁻, pH và nhiệt độ được phân tích tại Trung tâm quan trắc và phân tích tài nguyên môi trường của Sở Tài nguyên và Môi trường tỉnh Nam Định.

Vật liệu polystyrene sử dụng trong thí nghiệm giống như vật liệu lọc được sử dụng trong đề tài nghiên cứu của PGS. TS. Trần Thanh Sơn [4]. Vật liệu lọc có đường kính hiệu dụng là $D_e = 1,22\text{ mm}$, hệ số không đồng nhất $K_d(d_{80}/d_{10}) = 1,38$, tỷ trọng là 45kg/m^3 và độ giãn nở 40% . Theo kết quả nghiên cứu, các hạt polystyrene đáp ứng các yêu cầu kiểm tra khác như kháng hóa chất và độ bền cơ học cho vật liệu lọc. Hơn nữa vật liệu lọc nổi này đã được áp dụng cho hơn 30 nhà máy xử lý nước thông qua nghiên cứu [4]. Đặc điểm của nước thải sau bể lắng 2 được mô tả trong bảng 1.

Bảng 1. Nồng độ trung bình của nước thải đầu vào bể lọc vật liệu nổi tự rửa

TT	Chỉ tiêu	Đơn vị	Từ bể lắng 2	TT	Chỉ tiêu	Đơn vị	Từ bể lắng 2
1	COD	mg/l	121,5	5	Tổng Nitơ	mg/l	25,8
2	BOD ₅	mg/l	60,11	6	PO ₄ ³⁻	mg/l	1,01
3	SS	mg/l	48,2	7	Độ pH	-	7-7,8
4	NH ₄ ⁺	mg/l	10,09	8	T°	°C	20-27

Điều quan trọng trong công nghệ nhà máy xử lý nước thải sinh hoạt của Công ty TNHH Youngone Nam Định là quá trình loại bỏ chất dinh dưỡng (loại bỏ N, P). Từ bảng 1, cho thấy một số đặc điểm nước thải sau xử lý sinh học bậc 2 không đáp ứng giá trị của cột A quy chuẩn QCVN 40:2011/BTNMT và quy chuẩn QCVN 14:2008/BTNMT. Một số yếu tố quan trọng nhất cần phải giảm đó là SS, COD, BOD₅, NH₄⁺, tổng Nitơ.

Thí nghiệm được tiến hành với tốc độ lọc $7,5\text{ m/h}$ cho một chu kỳ của bể lọc. Vì rửa lọc tự động thủy lực nên chu kỳ của bể lọc phụ thuộc vào vận tốc lọc và nồng độ của SS.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

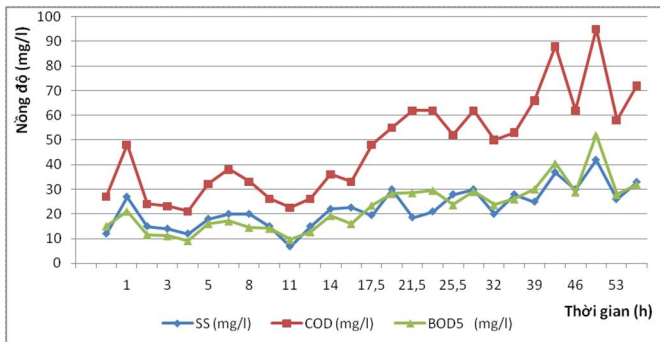
3.1. Nồng độ của các thành phần trong nước thải sau xử lý triệt

Thí nghiệm được tiến hành vào ngày 13 tháng 4 năm 2017 và kết thúc vào ngày 15 tháng 4 năm 2017. Chu kỳ lọc $62,5$ giờ và kết thúc khi quá trình rửa lọc xảy ra. Kết quả của thí nghiệm được thể hiện trong hình 2 và 3.

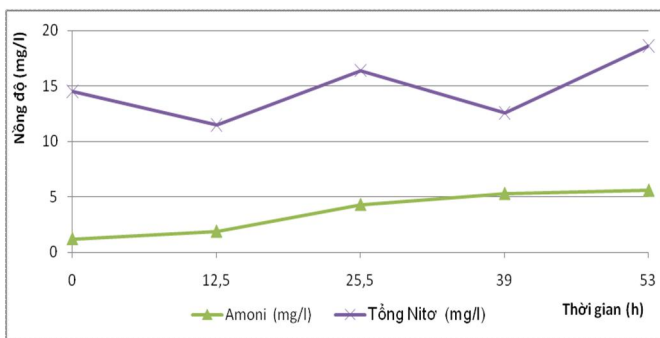
Kết quả thí nghiệm từ đồ thị hình 2 cho thấy rằng nồng độ chất lơ lửng sau xử lý ổn định $SS < 30\text{mg/l}$ trong khoảng thời gian 39h lọc đầu tiên. Sau 39h nồng độ chất lơ lửng SS của nước thải dao động xung quanh giá trị 35mg/l và bắt đầu tăng dần đến cuối chu kỳ $62,5\text{h}$ khi bể lọc bắt đầu rửa lọc. Có thể quan sát được rằng trong 39h đầu của kỳ lọc nồng độ chất lơ lửng SS luôn đáp ứng được yêu cầu quy chuẩn QCVN 40 :2011 cột A ($SS \leq 50\text{ mg/l}$).

Đồ thị hình 2 cho thấy nồng độ COD sau lọc trong 39h lọc đầu tiên COD dao động quanh giá trị từ $20 - 70\text{ mg/l}$, sau thời điểm $t = 39\text{h}$ COD tăng dần đến 95 mg/l vượt cột A

theo COD của QCVN 40:2011/BTNMT. Nồng độ BOD₅ sau lọc trung bình trong 39h lọc đầu tiên dao động từ 10 - 30 mg/l. Các giờ lọc tiếp theo BOD₅ tăng đến 40 mg/l và đều vượt cột A của QCVN 40:2011/BTNMT sau thời gian lọc 39h.



Hình 2. Mối quan hệ giữa nồng độ SS, COD và BOD₅ của nước thải sau lọc và thời gian lọc



Hình 3. Mối quan hệ giữa nồng độ Amoni (N-NH₄⁺), tổng Nitơ của nước thải sau xử lý và thời gian lọc

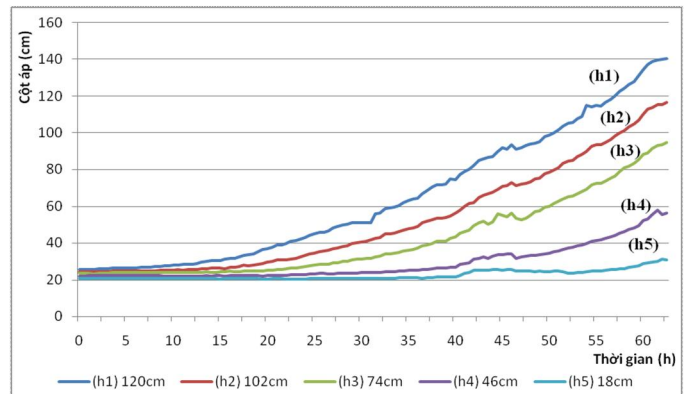
Qua đồ thị hình 3 và 5 có thể thấy, nồng độ amoni (N-NH₄⁺) trong nước thải sau xử lý tăng dần từ 1,2 mg/l đến 4,8 mg/l trong 39 giờ lọc đầu tiên. Hiệu suất xử lý trung bình amoni đạt giá trị 66,2% (hình 5). Tổng Nitơ sau xử lý ổn định trong khoảng giá trị 11,5 mg/l đến 16,4 mg/l trong suốt 39 giờ lọc đầu tiên. Hiệu suất xử lý trung bình tổng Nitơ đạt giá trị 43,3% (hình 5). Từ đồ thị hình 3 nhận thấy rằng trong 39h đầu tiên thì nồng độ amoni và tổng Nitơ đạt cột A theo amoni là 5 mg/l và tổng Nitơ là 20 mg/l của QCVN 40:2011/BTNMT còn sau 39h lọc chỉ có tổng Nitơ đạt.

3.2. Sự gia tăng tổn thất áp lực

Kết quả nghiên cứu cho thấy sự gia tăng cột áp tăng theo chiều dày lớp vật liệu lọc bể lọc như trong hình 4.

Các ống đo áp được xác định tương ứng với chiều dày vật liệu lọc lần lượt là 120, 102, 74, 46, 18 cm. Tổn thất áp lực ban đầu với chiều dày vật liệu lọc khác nhau không có sự chênh lệch đáng kể, khoảng 20 cm.

Sau thời gian lọc (62,5 giờ), tổn thất cột áp có mức tối đa là 140 cm (bằng chiều cao của đỉnh xi-phông) (hình 1). Tổn thất cột áp trung bình cho cả chu kỳ lọc là 1,84 cm/giờ. Giá trị này rất quan trọng để xác định chu kỳ lọc trong thiết kế bể lọc nổi tự rửa thủy lực. Nói cách khác, giá trị này được sử dụng để thiết kế hệ thống xi-phông của bể lọc.

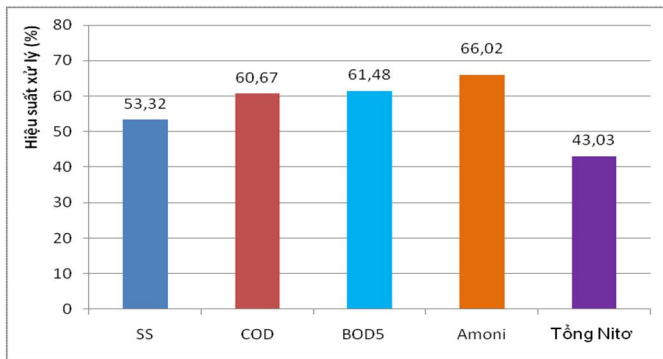


Hình 4. Biểu đồ tổn thất cột áp của bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa theo chiều dày lớp vật liệu lọc và thời gian lọc (với tốc độ lọc v = 7,5 m/h)

Kết quả của sự gia tăng tổn thất trên đồ thị tăng dần theo chiều dày vật liệu lọc từ 18 cm đến 120 cm chiều dày vật liệu lọc. Đường h5 tương ứng với chiều dày vật liệu lọc là 18 cm, mức tổn thất cột áp được duy trì như mức ban đầu. Trên thực tế, đường số 5 gần như là đường theo chiều ngang trong 39h giờ lọc đầu tiên. Điều này cho thấy rằng hầu như không có SS tích tụ trong lớp này (lớp trên cùng gần lưới). Độ dốc của đường h1 của lớp 120 cm là lớn nhất so với các đường khác trong biểu đồ (h2, h3, h4, h5). Dựa trên lý thuyết về lọc và phân tích đồ thị, theo đó có khoảng 50% chất rắn lơ lửng tích tụ trong 46cm lớp vật liệu lọc đầu tiên. Bởi vì tổn thất cột áp là một hàm của vận tốc lọc và nồng độ SS đầu vào, vận tốc lọc càng lớn độ sâu lớp lọc càng lớn thì hầu hết chất rắn lơ lửng tích tụ trong toàn bộ lớp vật liệu lọc. Như vậy, một trong những mục tiêu quan trọng nhất đối với nghiên cứu tiếp theo đó chính là tối ưu hóa các thông số kỹ thuật cho bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa thủy lực.

3.3. Hiệu quả của xử lý bậc 3 (xử lý triệt để)

Như mô tả ở trên chất lượng nước thải đã xử lý sau bể lắng 2 từ nhà máy xử lý nước thải sinh hoạt tại nơi thí nghiệm với công trình xử lý bậc 2 là bể Aeroten không đáp ứng được giá trị quy định ở cột A của QCVN 40:2011/BTNMT với một số chỉ tiêu như COD, BOD₅, Amoni, tổng Nitơ. Trong nghiên cứu, nước được xử lý ở quá trình xử lý bậc 3 với bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa thủy lực. Kết quả thí nghiệm cho thấy hiệu quả của quá trình xử lý đối với SS, COD, BOD₅, tương ứng là 53,32%, 60,67%, 61,48%, (hình 5). Còn Amoni là 66,02%, tổng Nitơ là 43,03% so sánh với hiệu suất xử lý Nitơ với bể lọc cát truyền thống là 8% - 50%, bể lọc cát tuần hoàn (bể Dynassan) 15% - 84% [8] thì thấy rằng bể lọc thí nghiệm có hiệu suất xử lý Nitơ tốt hơn bể lọc cát truyền thống và ngang bằng với về lọc Dynassan. Nước thải sau quá trình xử lý triệt để tất cả nồng độ SS, COD, BOD₅, Amoni, tổng Nitơ đáp ứng giá trị cột A theo QCVN 40 :2011/BTNMT trong thời gian 39h lọc đầu tiên, còn 23,5h giờ sau của chu kỳ lọc có những thời điểm vượt giá trị cột A theo QCVN 40 :2011/BTNMT. Nước được xử lý ở 39h lọc đều tiên có thể được tái sử dụng cho một số mục đích như làm sạch đường phố, máy móc hay sử dụng cho nông nghiệp.



Hình 5. Hiệu quả của quá trình xử lý trung bình triệt để nước thải sinh hoạt với bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa thủy lực (với các chỉ tiêu SS, COD, BOD₅, Amoni, tổng Nitơ)

Hiệu quả loại bỏ nồng độ các chất hữu cơ đạt yêu cầu cao là do những thành phần vi sinh vật dưới dạng SS sau xử lý sinh học bậc 2 được giữ lại ở trong bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa. Hệ bùn hoạt tính này có tuổi bùn cao và tích tụ vào bể lọc theo thời gian lọc. Lúc này bể lọc vật liệu lọc nổi làm việc như một bể phản ứng sinh học. Có thể thấy khối lượng cặn lơ lửng (sinh khối, bùn hoạt tính) tích lũy theo thời gian trong bể lọc tăng dần theo tuyến tính và đạt tới hơn 0,83 kg ở gần cuối chu kỳ lọc (56,5h). Hàm lượng bùn cặn trung bình theo tính toán đạt tới 9,79 kg bùn/1m³ thể tích vật liệu lọc. Xử lý toán học cho thấy tốc độ oxi hóa riêng của bùn hoạt tính tăng dần theo thời gian và quan hệ tốc độ oxi hóa riêng có xu hướng tuyến tính theo thời gian. Đầu chu kỳ (t = 1h) tốc độ oxi hóa riêng là $\rho = 1,2 \text{ gBOD}_5/\text{1g bùn.1 giờ}$ và gần cuối chu kỳ lọc (t = 56,5h) $\rho = 1,6\text{gBOD}_5/\text{1g bùn. 1 giờ}$. Việc tốc độ oxi hóa riêng gia tăng được giải thích bằng hệ vi sinh vật (bùn cặn SS) đi vào lớp vật liệu lọc đã thích ứng theo thời gian và phát triển thành hệ vi sinh vật mới phù hợp với điều kiện mới (nghèo nguồn các bon, chất dinh dưỡng và tỷ lệ COD/BOD thấp, và hệ sinh làm việc ở chế độ oxi hóa nội bào).

Kết quả xử lý toán học trên cơ sở bể lọc làm việc như một bể phản ứng sinh học cho phép nhận giá trị tải trọng thể tích $q = 4,29\text{kg BOD}_5/\text{1m}^3$ thể tích VLL. ngày đêm. Giá trị này lớn hơn tải trọng thể tích của bể aeroten 0,8-1,9 kg BOD₅/1m³ thể tích bể. ngày [1] và bể lọc sinh học tải trọng cao $q = 0,6-3,2 \text{ kg BOD}/\text{1m}^3$ thể tích VLL. ngày đêm của bể lọc sinh học tốc độ cao [2].

Trong sơ đồ thí nghiệm thì đây là sơ đồ nitrát hóa riêng vì các chất hữu cơ đã được loại bỏ trong Aeroten ở trạm xử lý nước thải khu công nghiệp. Nước sau xử lý có đầy đủ mọi điều kiện cho quá trình nitrát hóa riêng hoàn toàn. Để xác định cường độ của quá trình Nitrát hóa riêng dùng phương pháp thực nghiệm và đo bằng tốc độ oxi hóa riêng (lượng amoni NH₄⁺ tính bằng gam được oxi hóa bởi 1 gam bùn hoạt tính trong một đơn vị thời gian trong 1 giờ hoặc ngày). Ngoài ra hiệu quả của quá trình nitrát hóa còn phụ thuộc vào nhiệt độ, tỷ lệ lượng chất hữu cơ tính bằng BOD/Tổng Nitơ. Theo các nghiên cứu khi điều kiện tối ưu thì tốc độ quá trình Nitrát hóa thay đổi trong khoảng 0,05 - 0,6 gNH₄⁺/1gam bùn cặn trong một ngày (tức là 1,2 - 14,4

mgNH₄⁺ /1 gam bùn cặn trong một giờ). Theo tính toán tốc độ Nitrát hóa của thí nghiệm là 2,2 - 3,01 mgNH₄⁺ /1 gam bùn cặn. giờ. Điều này chứng tỏ quá trình Nitrát hóa xảy ra tốt khi xử lý qua bể lọc vật liệu lọc tự rửa.

4. KẾT LUẬN

Thí nghiệm cho thấy hiệu quả của xử lý nước thải với bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa thủy lực đáp ứng được các quy chuẩn quốc gia. Hiệu quả của việc loại bỏ amoni là cao, nước thải được xử lý có thể được tái sử dụng cho một số mục đích hữu ích.

Đặc điểm hoạt động của bể lọc nổi tự rửa thủy lực với chế độ vận tốc lọc 7,5m/h là: tổn thất cột áp trung bình 1,84cm/giờ; chu kỳ lọc là 62,5 giờ; Tốc độ rửa lọc là 10 - 12 l/s/m² và thời gian rửa lọc 4 - 5 phút.

Thực nghiệm cho thấy rằng thời gian lọc hiệu quả của bể lọc nổi tự rửa thủy lực với vận tốc 7,5 m/h là 39 giờ dài hơn bộ lọc cát truyền thống (12 giờ). Điều này sẽ làm giảm lượng nước rửa lọc cũng như chi phí vận hành.

Trong nghiên cứu, bể lọc chỉ hoạt động ở chế độ lọc 7,5 m/h nhưng cũng đã tạo thêm cơ sở khoa học để tiến hành nghiên cứu các chế độ lọc khác và cho việc tối ưu hóa các thông số công nghệ của bể lọc vật liệu lọc nổi tự rửa thủy lực.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Hoàng Văn Huệ, 2002. *Thoát nước - Tập 2 Xử lý nước thải*. NXB Khoa học kỹ thuật, Hà Nội.
- [2]. Nguyễn Văn Phước, 2015. *Xử lý nước thải sinh hoạt và công nghiệp bằng phương pháp sinh học*. NXB Xây dựng.
- [3]. Phạm Ngọc Thái, 1990. *Báo cáo NCKH: Ứng dụng bể lọc vật liệu lọc nổi trong các công trình cấp nước nông thôn*. Đề tài 26C-02-02 Chương trình nhà nước 26C.
- [4]. Trần Thanh Sơn, 2016. *Bể lọc vật liệu lọc nổi trong dây chuyền công nghệ xử lý nước thiên nhiên*. NXB Xây dựng, Hà Nội.
- [5]. C Visvannathan, D.R.I.B.Werellagama, and R. Ben Aim, 1996. *Surface Water Pretreatment Using floating media filter*. Journal of Environmental Engineering, pp 25-33.
- [6]. F Vaezi, AH Mahvi, G Safari, 2003. *Preparing secondary effluent for urban non potable application by floating media filtration*. Iranian J Publ Health, Vo.32, No 4, pp19-26.
- [7]. Melcaft& Eddy, 2002. *Wastewater Engineering, Treatment Disposal Reuse*. Fourth edition, Mc.Graw Hill.
- [8]. Яковлев С.В, Карелин Я.В, Ласков Ю. М, Воронов Ю.В. *Водоотводящие системы промышленных предприятий*. Москва-строиздат, 1990.