

NGHIÊN CỨU XỬ LÝ NƯỚC THẢI ĐÔ THỊ BẰNG CÔNG NGHỆ SINH HỌC KẾT HỢP LỌC DÒNG NGƯỢC USBF (THE UPFLOW SLUDGE BLANKET FILTER)

Trương Thanh Cảnh, Trần Công Tấn, Nguyễn Quỳnh Nga, Nguyễn Khoa Việt Trường

Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQG-HCM

(Bài nhận ngày 21 tháng 02 năm 2006, hoàn chỉnh sửa chữa ngày 18 tháng 04 năm 2006)

TÓM TẮT: Kết quả nghiên cứu cho thấy mô hình USBF rất thích hợp cho xử lý nước thải đô thị. Hiệu quả xử lý COD, BOD₅, nito và phospho tương ứng vào khoảng 85%, 90%, 94% and 75%. Bùn hoạt tính thích nghi rất nhanh với đặc tính của nước thải và điều kiện vận hành của mô hình. Việc kết hợp 3 modul trong một quá trình xử lý tạo ra ưu điểm lớn trong việc nâng cao hiệu quả xử lý. Với sự kết hợp này sẽ đơn giản hoá hệ thống xử lý, tiết kiệm vật liệu và năng lượng chi phí cho quá trình xây dựng và vận hành hệ thống.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ô nhiễm môi trường đã và đang là một vấn đề quan trọng, hệ quả của một quá trình phát triển nóng của các nước đang phát triển trong giai đoạn công nghiệp hóa và hiện đại hóa như Việt Nam. Sự phát triển nhanh chóng của các ngành công nghiệp và dịch vụ, quá trình đô thị hoá và tập trung dân cư nhanh chóng là những nguyên nhân gây nên hiện trạng quá tải môi trường ở những thành phố lớn. Hiện nay ở TP. Hồ Chí Minh, ô nhiễm nước là một trong những vấn đề môi trường bức xúc lôi cuốn sự quan tâm của các nhà quản lý và cộng đồng dân cư. Nước thải đô thị không được xử lý hoặc xử lý không đầy đủ được xả thải trực tiếp vào sông và kênh rạch gây nên hiện tượng ô nhiễm nguồn nước trầm trọng.

Hiện nay có nhiều phương pháp khác nhau được sử dụng trong công nghệ xử lý nước thải đô thị. Phương pháp ứng dụng công nghệ sinh học đang được sử dụng phổ biến nhất trong hầu hết các hệ thống xử lý ở các đô thị. Thường thì một hệ thống xử lý được đánh giá bởi hiệu quả của việc xử lý như khả năng loại bỏ BOD, nito hay phospho..., khả năng áp dụng của chúng như giá thành của hệ thống, giá thành của một m³ nước được xử lý hay độ phức tạp của công nghệ và quá trình vận hành, bảo dưỡng thiết bị...

Công nghệ lọc dòng ngược bùn sinh học USBF (*Upflow Sludge Blanket Filter*) được thiết kế dựa trên mô hình động học xử lý BOD, nitrate hoá (*nitrification*) và khử nitrate hóa (*denitrification*) của Lawrence và McCarty, Inc. lần đầu tiên được giới thiệu ở Mỹ những năm 1900 sau đó được áp dụng ở châu Âu từ 1998 trở lại đây. Tuy nhiên, hiện nay trên thế giới mô hình của Lawrence và McCarty được áp dụng kết hợp trên nhiều dạng khác nhau tùy thuộc vào đặc điểm của mỗi nước. Công nghệ này chưa được sử dụng ở Việt Nam, mặc dù công nghệ bùn hoạt tính đã được sử dụng như một công nghệ kinh điển trong công tác xử lý nước thải phổ biến ở nước ta.

Nghiên cứu của chúng tôi sử dụng mô hình công nghệ USBF để xử lý nước thải đô thị, là công nghệ cải tiến của quá trình bùn hoạt tính trong đó kết hợp 3 quá trình Anoxic, Aeration và lọc sinh học dòng ngược trong một đơn vị xử lý nước thải. Đây chính là điểm khác với hệ thống xử lý bùn hoạt tính kinh điển, thường tách rời ba quá trình trên nên tốc độ và hiệu quả xử lý thấp. Với sự kết hợp này sẽ đơn giản hoá hệ thống xử lý, tiết kiệm vật liệu và năng lượng chi phí cho quá trình xây dựng và vận hành hệ thống. Đồng thời hệ thống có thể xử lý nước thải có tải lượng hữu cơ, N và P cao.

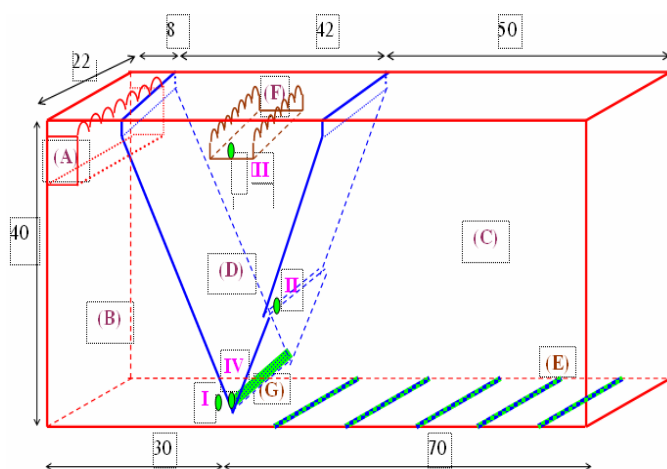
2. NỘI DUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nội dung nghiên cứu

- Khảo sát sự thích nghi và đặc tính của bùn hoạt tính trong quá trình nghiên cứu với mô hình động tại phòng thí nghiệm
- Nghiên cứu quá trình khử carbon (COD, BOD), quá trình trình loại bỏ nito và photpho

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Mô hình nghiên cứu



Chú thích:

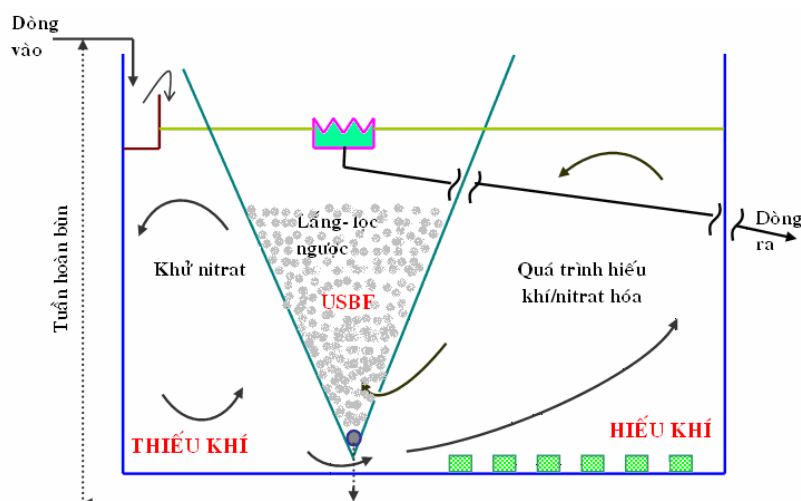
Các chữ số chỉ kích thước (cm)

(A) : Mương thu nước đầu vào; (B) : Ngăn thiếu khí; (C) : Ngăn hiếu khí; (D) : Ngăn USBF; (E) : Các thanh sục khí; (G) : Ống thu bùn; I, II, III: Các điểm lấy mẫu ngăn thiếu khí, hiếu khí và sau quá trình xử lý; IV : vị trí tuần hoàn bùn

Hình 1. Sơ đồ cấu tạo của mô hình

Cấu tạo của mô hình (hình 1): Mô hình gồm 3 module chính: ngăn thiếu khí (anoxic), ngăn hiếu khí (aerobic) và ngăn lọc bùn sinh học dòng ngược (USBF). Mương chảy tràn thu nước đầu vào nhằm hạn chế tác động của dòng vào đối với ngăn thiếu khí và tăng hiệu quả xáo trộn giữa dòng nước thải đầu vào và bùn tuần hoàn. Mương chảy tràn và thu nước đầu ra, ống thu bùn, bộ phận sục khí... Các thiết bị cần thiết bao gồm: 1 máy bơm định lượng bơm nước thải đầu vào, 1 máy bơm bùn và 1 máy thổi khí.

Nguyên tắc hoạt động của mô hình (Hình 2): Mô hình được thiết kế nhằm kết hợp các quá trình loại bỏ carbon (COD, BOD), quá trình nitrat hoá/khử nitrat và quá trình loại bỏ dinh dưỡng (N và P). Nước thải được loại bỏ rắn, sau đó, được bơm vào mương chảy tràn thu nước đầu vào cùng trộn lẫn với dòng tuần hoàn bùn. Hỗn hợp nước thải và bùn hoạt tính chảy vào ngăn thiếu khí. Ngăn này có vai trò như là ngăn chọn lọc thiếu khí (Anoxic Selector) thực hiện hai cơ chế chọn lọc động học (Kinetic Selection) và chọn lọc trao đổi chất (Metabolism Selection) để làm tăng cường hoạt động của vi sinh vật tạo bông nhằm tăng cường hoạt tính của bông bùn và kìm hãm sự phát triển của các vi sinh vật hình sợi gây vón bùn và nổi bọt. Quá trình loại bỏ C, khử nitrat và loại bỏ P diễn ra trong ngăn này. Sau đó, nước thải chảy qua ngăn hiếu khí nhờ khe hở dưới đáy ngăn USBF. Ở đây ô xy được cung cấp nhờ các ống cung cấp khí qua một máy bơm. Nước thải sau ngăn hiếu khí chảy vào ngăn USBF và di chuyển từ dưới lên, ngược chiều với dòng bùn lắng xuống theo phương thẳng đứng. Đây chính là công đoạn thể hiện ưu điểm của hệ thống do kết hợp cả lọc và xử lý sinh học của chính khối bùn hoạt tính. Phần nước trong đã được xử lý phía trên chảy tràn vào mương thu nước đầu ra. Một phần hỗn hợp nước thải và bùn trong ngăn này được tuần hoàn trở lại ngăn thiếu khí.



Hình 2. Sơ đồ nguyên lý hoạt động của mô hình

2.2.2. Theo dõi mô hình: Quá trình nghiên cứu trải qua 2 giai đoạn: Giai đoạn thích nghi và giai đoạn khảo sát chính. Giai đoạn khảo sát chính bao gồm:

- 1) Khảo sát hiệu quả xử lý (H) theo nồng độ bùn (X);
- 2) Khảo sát H theo nồng độ COD;
- 3) Khảo sát H theo thời gian lưu nước (HRT) và tải trọng (L);
- 4) Khảo sát H theo tuổi bùn (SRT).

Số liệu được xử lý bằng phần mềm SPSS.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả phân tích thành phần nước thải ban đầu

Bảng 1. Tính chất nước thải đầu vào

Mẫu	COD (mg/L)	BOD ₅ (mg/L)	SS (mg/L)	NO ₂ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	Nt (mg/L)	P (mg/L)	BOD/ COD	BOD ₅ / Nt ¹	BOD ₅ / Pt ²
5										
1	650,6	350	3411,4	0,6	0,0	45,6	10,0	0,54	7,7	35,0
2	568,4	395	1541,7	0,0	0,4	33,4	18,0	0,69	11,8	21,9
3	485,6	285	2650,4	0,1	0,1	23,2	20,0	0,59	12,3	14,3
4	515,3	300	9747,4	0,0	0,2	30,2	25,0	0,58	9,9	12,0
5	680,0	350	8668,5	0,0	0,1	26,1	22,0	0,51	13,4	15,9
6	706,0	362	6711,3	0,0	0,0	43,7	25,4	0,51	8,3	14,3
7	600,0	450,00	5904,7	0,1	0,1	33,7	20,1	0,57	10,6	18,9

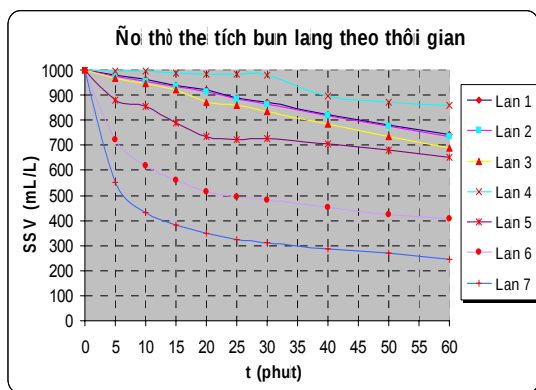
Ghi chú: ¹ Nt: Nito tổng, ² Pt: Phospho tổng

Nhìn chung nước thải đô thị có các chỉ tiêu ô nhiễm tương đối cao, nguồn nước thải này bị ô nhiễm nặng, vượt xa tiêu chuẩn TCVN 5945-1995 nhiều lần.

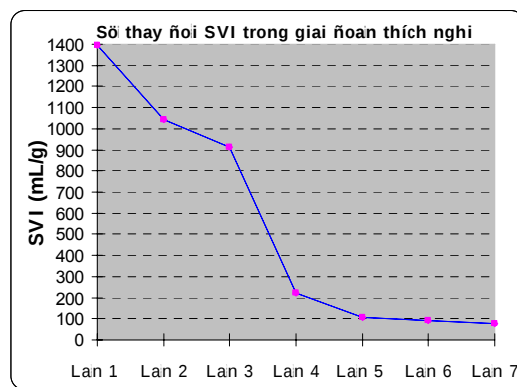
Nước thải chứa thành phần hữu cơ cao, dễ phân hủy sinh học. Các tỷ lệ BOD_5/COD nằm trong khoảng 0,51 – 0,69, BOD_5/Nt khoảng 7,7–13,4 và BOD_5/P khoảng 12 – 35. Nước thải có thành phần như vậy rất phù hợp với quá trình xử lý sinh học kết hợp cũng như phù hợp với mô hình USBF (Nguyễn Xuân Nguyên & Phạm Hồng Hải, 2003, Metcalf & Eddy, 2003).

3.2. Kết quả nghiên cứu sự thích nghi và đặc tính của bùn hoạt tính qua các chỉ số thể tích bùn (SVI)

Bùn hoạt tính khi mang về để vận hành mô hình có màu sắc thay đổi rõ rệt, dần chuyển sang màu cà phê sữa. Quan sát đường cong lắng qua các lần đo chỉ số thể tích bùn SVI (Sludge Volume Index), nhận thấy lượng bùn lắng giảm đi rõ rệt theo thời gian và có dạng đặc trưng (Hình 3). Đồng thời SVI giảm nhanh xuống tới 70 ml/g. Điều này chứng tỏ bùn hoạt tính thích nghi rất nhanh với nước thải và mô hình, và nhờ sự kết hợp các quá trình trong hệ thống nên tính chất của bùn được cải thiện đáng kể.



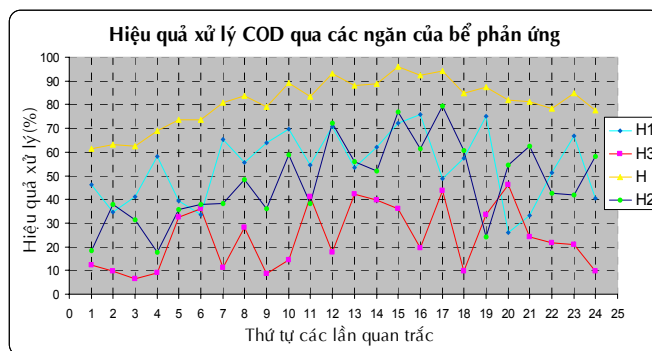
Hình 3. Thể tích bùn lắng của bùn mới mang về, giai đoạn thích nghi và khi đã thích nghi



Hình 4. SVI thay đổi giảm dần về khoảng tới ưu 80-120 ml/g

Các thông số động học K , Y , K_d , K_s và μ_m : Kết quả tính toán các thông số động học nói trên cho thấy tốc độ sử dụng cơ chất riêng $K = 2,18 \text{ ngày}^{-1}$, nghĩa là 1 g bùn hoạt tính sẽ tiêu thụ 2,18 g COD trong một ngày. Hằng số bán tốc độ (hệ số Monod) $K_s = 238,73 \text{ mg/L}$ nghĩa là tại thời điểm tốc độ tăng trưởng bằng $\frac{1}{2}$ tốc độ cực đại thì nồng độ cơ chất (COD) bằng 238,73 mg/L. Hệ số năng suất sử dụng cơ chất cực đại $Y = 3,3264 \text{ mg bùn hoạt tính/mg COD}$, cứ tiêu thụ 1 mg COD thì có 3,3264 mg bùn hoạt tính được sản sinh. Hệ số này rất cao chứng tỏ khả năng hấp thu cơ chất của bùn hoạt tính là rất lớn hay hoạt tính của bùn rất mạnh. Hệ số tốc độ phân hủy nội bào $K_d = 0,078 \text{ ngày}^{-1}$ có nghĩa là: trong một ngày, cứ 1 g sinh khối được tạo ra thì 0,078 g bị mất đi để duy trì tế bào hay bị chết đi hay bị tiêu thụ bởi các VSV ở bậc dinh dưỡng cao hơn (như Protozoa). Hệ số này tương đối cao. Điều này được giải thích bằng tuổi của nồng độ bùn cao. Hơn nữa, phần sinh khối chết đi đóng vai trò rất quan trọng cho hệ thống USBF vì cung cấp nguồn carbon và năng lượng nội tại cho các VSV ở gần thiếu khí khi chúng được tuần hoàn trở lại. Tốc độ tăng trưởng riêng cực đại $\mu_{\max} = 7,9055 \text{ ngày}^{-1}$.

Như vậy, bùn ở đây có hoạt tính rất mạnh, vi khuẩn có tốc độ phát triển rất cao. Tất cả những đặc điểm trên là mang tính đặc trưng và là cơ sở động học chứng minh vì sao mô hình USBF lại có hiệu quả xử lý cao.



Hình 5. Đồ thị hiệu quả xử lý COD qua các ngăn của bể phản ứng

3.3. Kết quả nghiên cứu hiệu quả xử lý của mô hình

3.3.1. Hiệu quả xử lý COD

– Hiệu quả xử lý COD tính theo dòng vào cao nhất là ở ngăn thiếu khí, trung bình khoảng 60% sau đó là ngăn hiếu khí, khoảng 26% (65% COD tính trực tiếp dòng vào ngăn) và thấp nhất là ở ngăn USBF, khoảng 10% (30% COD tính trực tiếp dòng vào ngăn).

– Các hợp chất hữu cơ bị loại bỏ trong ngăn thiếu khí là các dạng hữu cơ dễ bị phân huỷ sinh học, bị phân huỷ ở ngăn hiếu khí và USBF chủ yếu là các dạng hữu cơ dạng khó phân huỷ sinh học hơn. Vì vậy nhu cầu oxy cho ngăn hiếu khí sẽ giảm hơn do phần lớn COD được loại bỏ trong ngăn thiếu khí. Điều này chứng tỏ ưu điểm của việc kết hợp các ngăn phản ứng trong cùng một hệ thống.

Xét toàn hệ thống, hiệu quả xử lý tối đa có thể đạt được là rất cao khoảng 85% (61,5-96,0%). Nồng độ COD dòng ra có thể đạt từ 18,3 – 40,0 mg/L (đạt được tiêu chuẩn loại A, TCVN 5945-1995).

3.3.2. Hiệu quả xử lý SS

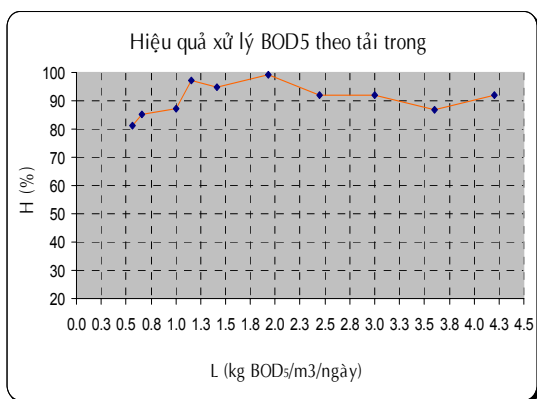
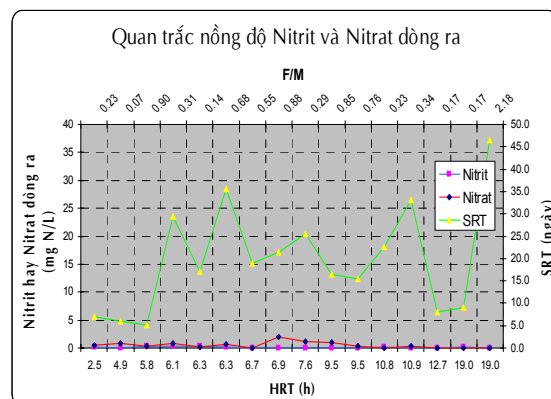
Hiệu quả xử lý SS cho toàn bộ hệ thống tương đối cao, từ 75,5-95% đạt nồng độ 5,2 mg/L ở dòng ra, có thể đạt chất lượng tiêu chuẩn loại A (TCVN 5945-1995). Tải trọng thích hợp từ 2 – 14 kg SS/m³ ngày⁻¹. Ngoài khoảng này, hiệu quả xử lý giảm.

3.3.3. Hiệu quả xử lý BOD₅

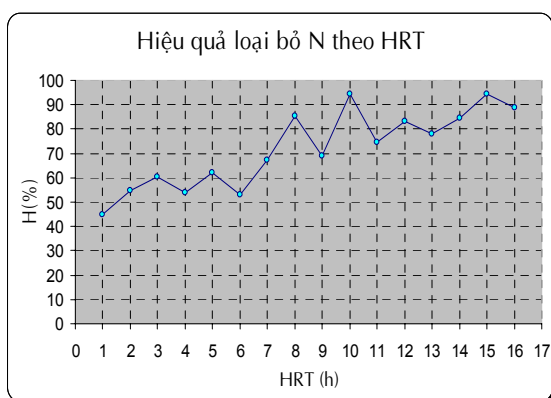
Hiệu quả xử lý ở đây rất cao, thấp nhất đạt 80% và có thể đạt 99,2%. Chất lượng cao nhất của dòng ra có thể đạt được là 3 mg/L, đạt tiêu chuẩn loại A (TCVN 5945- 1995). Ngay cả khi ở tải trọng cao tới 4,20 kg BOD₅/m³ ngày⁻¹ hiệu quả xử lý vẫn khá cao, ở mức 92,2%.

3.3.4. Hiệu quả quá trình loại bỏ N

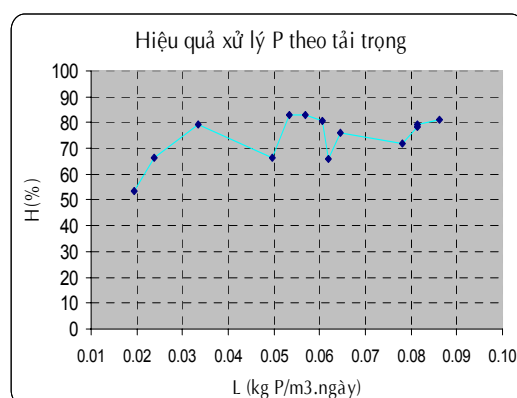
Nồng độ nitrit và nitrat (Hình 15) dòng ra đạt tiêu chuẩn loại A (TCVN 5942- 1995). Nồng độ nitrit và nitrat dòng ra đạt được rất thấp chứng tỏ quá trình nitrat hóa và khử nitrat diễn ra rất triệt để.

Hình 6. Hiệu quả xử lý BOD₅ theo tải trọng

Hình 7. Nồng độ nitrit và nitrat có trong dòng ra



Hình 8. Hiệu quả xử lý N tổng theo thời gian lưu n



Hình 9. Hiệu quả xử lý P theo tải trọng

Xét hiệu quả xử lý của quá trình loại bỏ N: Chất lượng dòng ra tối đa có thể đạt được tiêu chuẩn loại A (TCVN 5945-1995), hiệu quả xử lý có thể đạt tối đa 94,3%. Tuy nhiên, hiệu quả này còn tùy thuộc vào thời gian lưu nước, tải trọng và tuổi của bùn.

3.3.5. Hiệu quả quá trình loại bỏ P

Hiệu quả này tương đối cao, tối đa đạt 83,17%. Khi hiệu quả xử lý cao nhất, chất lượng dòng ra có thể đạt 3,08 mg/l (đạt tiêu chuẩn nước loại A, TCVN 5945 – 1995).

Tải trọng P thích hợp từ 0,03–0,09 $\text{kg P}/\text{m}^3/\text{ngày}$ với hiệu suất đạt được lớn hơn 75%. Tải trọng này tương đối nhỏ so với các tải trọng theo các chỉ tiêu khác. Điều này là do hàm lượng P trong nước thải này tương đối nhỏ.

4. KẾT LUẬN VÀ ĐỀ NGHỊ

Qua quá trình nghiên cứu, chúng tôi rút ra một số kết luận và đề nghị như sau: Mô hình USBF rất thích hợp cho xử lý nước thải đô thị. Bùn hoạt tính thích nghi rất nhanh với đặc tính của nước thải và điều kiện vận hành của mô hình. Việc kết hợp 3 ngăn và kết hợp các quá trình xử lý tạo ra ưu điểm lớn trong việc nâng cao hiệu quả xử lý. Chất lượng nước đầu ra có thể đạt tiêu chuẩn nước loại A (TCVN 5945 – 1995).

TREATMENT OF DOMESTIC WASTE WATER BY BIOPROCESS TECHNOLOGY - UPFLOW SLUDGE BLANKET FILTER (USBF)

Truong Thanh Canh, Tran Cong Tan, Nguyen Quynh Nga, Nguyen Khoa Viet Truong
University of Natural Sciences, VNU-HCM

ABSTRACT: *This paper describes a research to use an innovative combined biological process, upflow sludge blanket filter (USBF), that rapidly and economically remove BOD, niotogen and phosphorus from domestic wastewater. The USBF design was a continuous flow system incorporating the aeration zone, clarifier and anoxic zone into a single tank. The research showed a result of 85%, 90%, 94% and 75% for COD, BOD₅, nitrogen and phosphorus removal, respectively. This is concluded that USBF can be used as a simple and economic method to treat domestic wastewater.*

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Bộ KHCN & MT, *Tiêu chuẩn Môi trường Việt Nam*: TCVN 5945-1995.
- [2]. Lawrence K.Wang, *Advanced Biological Wastewater Treatment Effective – Efficient – Economic – “State-of The-art...an Important Environmental Engineering Process Revolution State*, A report to the United Nations Industrial Development Organization, 1995.
- [3]. Metcalf & Eddy, Inc., *Wastewater Engineering, Treatment and Reuse*, Third edition, revised by G.Tchobanolous and F.L. Burton, USA, 2003.