

# NGHIÊN CỨU XỬ LÝ NƯỚC THẢI SINH HOẠT BẰNG SỰ KẾT HỢP MÔ HÌNH SWIM-BED (DÙNG GIÁ THỂ BIOFRINGE) VÀ STICK-BED (DÙNG GIÁ THỂ BIOFIX)

• Thái Văn Anh<sup>(\*)</sup>, Lê Thị Ngọc Diễm<sup>(\*\*)</sup>

## Tóm tắt

*Mô hình Swim-bed (dùng giá thể BioFringe) kết hợp mô hình Stick-bed (dùng giá thể BioFix) sẽ đưa ra ứng dụng mới trong xử lý nước thải bằng phương pháp sinh học. Mô hình pilot nghiên cứu bao gồm: bể thiếu khí, bể hiếu khí và bể lắng. Đối tượng nghiên cứu là nước thải sinh hoạt, với tải lượng hữu cơ là 0,75 - 1 - 1,5 - 2 kgCOD/m<sup>3</sup>.ngày. Hiệu quả xử lý trong nghiên cứu này đạt hiệu quả cao ở tải lượng hữu cơ 0,75 kgCOD/m<sup>3</sup>.ngày và 1 kgCOD/m<sup>3</sup>.ngày, cụ thể: Nhu cầu oxy sinh hóa giảm 86,9%; Nhu cầu oxy hóa học giảm 89,8%; Tổng chất rắn lơ lửng giảm 91%; nitơ Ammonia giảm 70,7%; Tổng photpho giảm 50%. Kết quả nghiên cứu này đem lại tiềm năng lớn đối với việc xử lý Nitơ trong nước thải.*

*Từ khóa: Swim-bed, Stick-bed, BioFringe, BioFix, nước thải sinh hoạt.*

### 1. Đặt vấn đề

Nước thải sinh hoạt chiếm khoảng 80% nước thải thành phố, đây là nguyên nhân gây ô nhiễm nước. Hiện nay, công nghệ xử lý nước thải bằng phương pháp sinh học được ứng dụng vì những ưu điểm về kinh tế và môi trường. Hệ thống xử lý này thỏa mãn: thiết kế đơn giản, hiệu quả xử lý cao, chi phí đầu tư và vận hành thấp. Hiện tại hệ thống xử lý nước đang phải đáp ứng với những yêu cầu kỹ thuật ngày càng cao của nhà nước và hiệu quả xử lý cao. Các nghiên cứu đã chỉ ra rằng: tài nguyên nước là có hạn và gia tăng đô thị hóa đòi hỏi công nghệ xử lý có hiệu quả cao hơn để bảo đảm chất lượng nước. Một trong những yếu tố quan trọng ảnh hưởng chất lượng nước là sự gia tăng các chất dinh dưỡng có trong nước thải [3]. Nước thải với các thành phần ô nhiễm như COD, P, N là nguyên nhân gây ra các vấn đề như: phú dưỡng hóa, suy giảm oxy và sinh ra các độc chất khi thải vào trong môi trường [6]. Đó là vấn đề cấp bách cần có quá trình xử lý để loại bỏ những chất này từ nước thải, giảm những tác hại với môi trường. Quá trình sinh học dựa trên nền tảng môi trường bùn lơ lửng (hay còn gọi là bùn hoạt tính (Activated Sludge (AS)) có hiệu quả cho việc xử lý những chất dinh dưỡng và cacbon hữu cơ trong các nhà máy xử lý nước thải sinh hoạt [4]. Nhưng có vài vấn đề đối với bùn hoạt tính là cần bể phản ứng lớn, bể lắng lớn và cần tuần hoàn sinh khối.

Vì những nguyên nhân trên, sự kết hợp mô hình Swim-bed (dùng giá thể BioFringe (BF)) và Stick-bed (dùng giá thể BioFix (BX)) là công nghệ mới, đáp ứng những yêu cầu thực tế cho quá trình xử lý sinh học. Công nghệ BF và BX là quá trình xử lý sinh học có hiệu quả cao, nó được phát triển dựa trên những ưu điểm của quá trình bùn hoạt tính và lọc sinh học. Sự chuyển động bên trong bể phản ứng được tạo ra bởi việc cung cấp khí trong bể hiếu khí. Mục tiêu của nghiên cứu này là đánh giá khả năng loại bỏ tổng chất rắn lơ lửng (TSS), nhu cầu oxy hóa học, nhu cầu oxy sinh hóa, photpho, nitơ và tổng Coliform bằng việc ứng dụng hệ thống BF và BX. Trên thế giới đã có một vài nghiên cứu liên quan: Khả năng loại bỏ nitơ dòng ra từ việc sử dụng bể phản ứng hiếu khí màng sinh học ở nhiệt độ thấp [2]; So sánh khả năng xử lý của Swim-bed và quá trình bùn hoạt tính [1]; Thiết kế và vận hành bể phản ứng màng sinh học di động Kalnes [5]; Nghiên cứu này có thể được áp dụng trong điều kiện Việt Nam để thay thế quá trình xử lý bùn hoạt tính truyền thống.

### 2. Nội dung nghiên cứu

#### 2.1. Vật liệu và phương pháp

##### 2.1.1. Nước thải

Nước thải phân tán được thu gom từ hộ gia đình và khu dân cư ở thành phố Hồ Chí Minh. Mẫu nước thải sau khi thu gom được lưu trữ trong phòng lạnh dùng cho thí nghiệm trong khoảng thời gian một tuần. Tính chất nước thải sinh hoạt đầu vào được thể hiện trong Bảng 1.

<sup>(\*)</sup> Trường Đại học Công nghiệp Thực phẩm Thành phố Hồ Chí Minh.

<sup>(\*\*)</sup> Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Thành phố Hồ Chí Minh.

**Bảng 1. Tính chất nước thải sinh hoạt đầu vào**

Chỉ tiêu	Đơn vị	Nồng độ	QCVN 14:2008/BT-NMT, cột B
TSS	mg/l	149	100
COD	mg/l	417	-
BOD <sub>5</sub>	mg/l	114	50
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/l	62	10
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	0,1	50
P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	mg/l	12	10
Tổng Coliform	MPN/100 ml	10x10 <sup>8</sup>	5x10 <sup>3</sup>

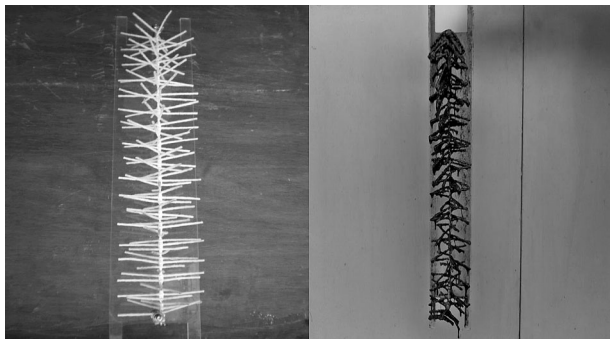
Tất cả các chỉ tiêu nước thải sinh hoạt đầu vào đều vượt tiêu chuẩn Việt Nam (QCVN 14:2008/BTNMT), cụ thể: tổng chất rắn lơ lửng vượt tiêu chuẩn 1,49 lần; nồng độ BOD<sub>5</sub> vượt tiêu chuẩn 2,82 lần; nồng độ N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> vượt tiêu chuẩn 6,16 lần; nồng độ P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> vượt tiêu chuẩn 1,21 lần.

**2.1.2. Giá thể**

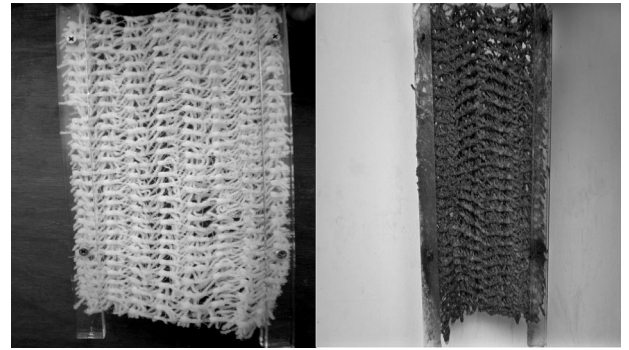
BioFringe là giá thể hình sợi, chiều dài 0,5 m; giá thể này được sử dụng trong bể hiếu khí (nitrat hóa). Vùng thiếu khí và hiếu khí hình thành trong lớp biofilm mỏng (hình thành trên Bio-fringe) cung cấp điều kiện cần thiết cho việc nitrat hóa và khử nitrat, đồng thời giảm được lượng bùn sinh ra do có lượng lớn bùn bám dính trên giá thể.

BioFix là giá thể dạng tấm, tổng diện tích bề mặt là 14,4 cm<sup>2</sup>; giá thể này dùng trong bể thiếu khí (khử nitrat). BioFix có khả năng tiếp xúc cao do diện tích bề mặt lớn tạo điều kiện cho sinh khối bám vào nhiều giúp nâng cao hiệu quả xử lý chất hữu cơ, nitơ, photpho...

Sau thời gian hoạt động khoảng 2 ngày vi khuẩn bắt đầu bám lên bề mặt của giá thể. Giá thể được làm từ sợi polyester.

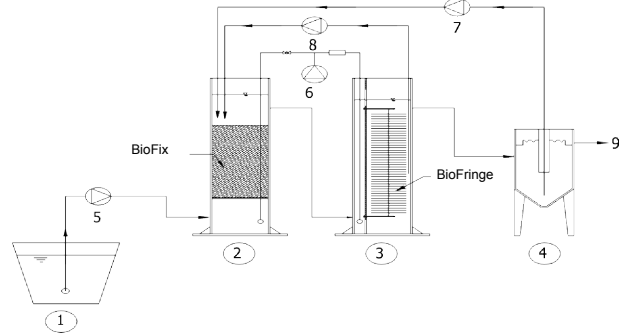


**Hình 1. Giá thể BioFringe trước a) và sau b) khi vận hành**



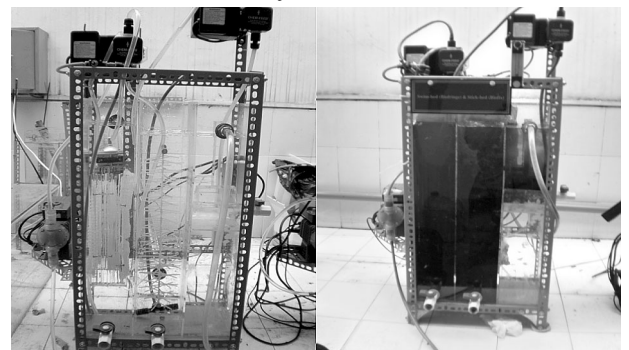
**Hình 2. Giá thể BioFix trước và sau khi vận hành**

**2.1.3. Cấu tạo mô hình**



**Hình 3. Sơ đồ pilot nghiên cứu xử lý nước thải (kết hợp Swim-bed và Stick-bed)**

- 1: Bể chứa nước thải đầu vào
- 2: Bể thiếu khí dùng giá thể BioFix
- 3: Bể hiếu khí dùng giá thể BioFringe
- 4: Bể lắng
- 5: Bơm
- 6: Máy thổi khí
- 7: Bơm tuần hoàn 2
- 8: Bơm tuần hoàn 1
- 9: Nước sau xử lý



**Hình 4. Mô hình nghiên cứu thực tế trước và sau khi vận hành nước thải**

Mô hình được làm bằng vật liệu mica, kích thước bể hiếu khí và bể thiếu khí dùng nghiên cứu có thể tích 11,5 lít (Dài x Rộng x Cao: 120 x 150

x 640 mm); Bể lắng có thể tích 8 lít (Dài x Rộng x Cao: 150 x 150 x 350 mm).

Tỷ lệ nước tuần hoàn từ Swim-bed và bể lắng về Stick-bed theo tỷ lệ 1:1:1.

Hàm lượng MLSS cho vào mô hình ban đầu với hàm lượng là 5 g/l (ngăn thiếu khí), 3 g/l (ngăn hiếu khí); bùn được lấy từ nhà máy xử lý nước thải sinh hoạt đang hoạt động ở Bình Dương.

Thời gian vận hành mỗi tải trọng: vận hành mỗi tải đến khi hiệu quả xử lý (COD, BOD<sub>5</sub>, amoni, phosphat...) ổn định thì kết thúc tải trọng nghiên cứu; trung bình là 30 ngày.

**Bảng 2. Lưu lượng nước thải dùng mỗi tải trọng và thời gian lưu nước**

Tải trọng (kgCOD/m <sup>3</sup> .ngày)	Lưu lượng (lít/ngày)	HRT Bể hiếu khí (ngày)	HRT Bể thiếu khí (ngày)
0,5	18	0,64	0,64
1	37	0,31	0,31
1,5	55	0,21	0,21
2	75	0,15	0,15

#### 2.1.4. Phương pháp lấy mẫu và phân tích

COD, BOD<sub>5</sub>, ammonium (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), nitrate (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), phosphorus (P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>), tổng Coliform được đo theo phương pháp tiêu chuẩn (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 1998).

Hàm lượng oxy hòa tan (DO) và pH được đo thường xuyên nhằm kiểm soát tốt quá trình, DO trong bể hiếu khí duy trì 4-5 mg/l; DO bể thiếu khí duy trì <0,5 mg/l; pH duy trì 6,5 – 8,5.

#### 2.2. Kết quả và thảo luận

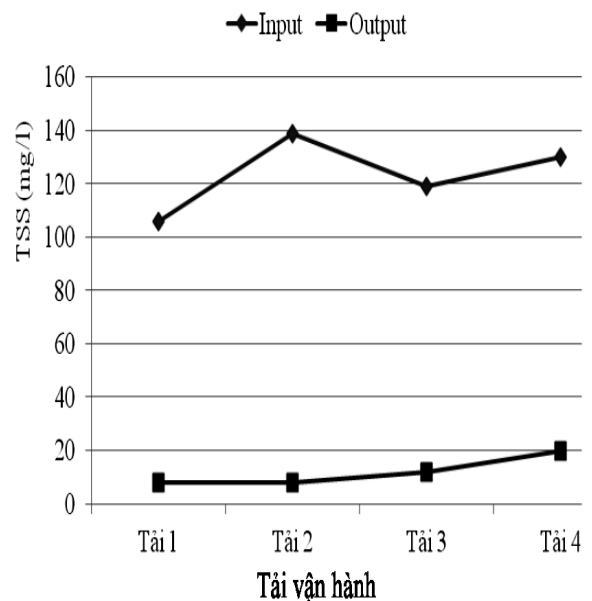
Tính chất nước thải sinh hoạt sau khi qua hệ thống kết hợp BF và BX được trình bày trong Bảng 3.

**Bảng 3. Tính chất nước thải sau xử lý 4 tải nghiên cứu**

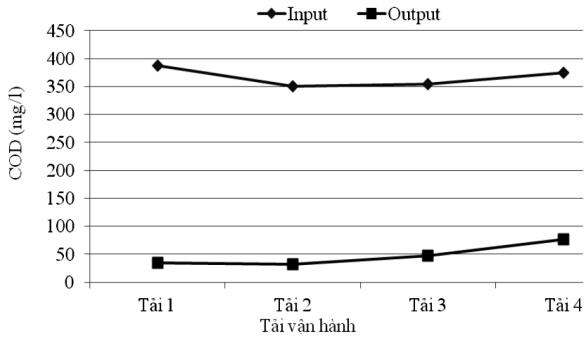
	kg COD/m <sup>3</sup> .ngày	TSS (mg/l)	COD (mg/l)	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l)	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	Tổng Coliform MPN/100 ml)	BOD <sub>5</sub> (mg/l)
Đầu vào		149	417	62	12,1	0,1	10x10 <sup>8</sup>	150
Đầu ra	0,75	13,7	36,3	28,6	6,05	1,26	3,9x10 <sup>3</sup>	20
	1	14,5	48,4	18,2	6,17	1,79	5,6x10 <sup>3</sup>	15
	1,5	18,1	50,4	20	7,2	1,81	9,3x10 <sup>3</sup>	32
	2	20,4	77,2	77,2	27	7,7	10x10 <sup>3</sup>	31
QCVN14:2008/ BTNMT, cột B		100	-	10	10	50	5x10 <sup>3</sup>	50

Kết quả đạt được như sau:

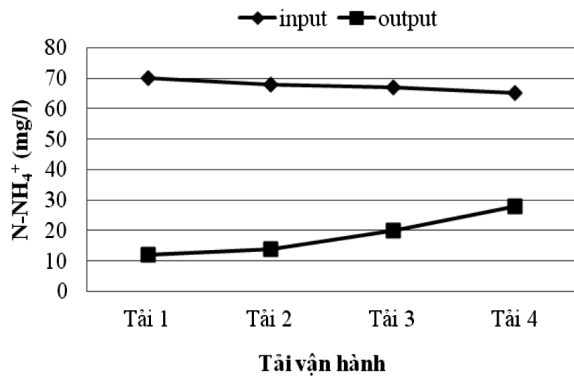
Với hai tải trọng hữu cơ 0,75 kgCOD/m<sup>3</sup>.ngày và 1 kgCOD/m<sup>3</sup>.ngày, hiệu quả xử lý COD và TSS rất cao (trên 90%), hiệu quả xử lý photpho thấp (khoảng 50%). Với tải trọng hữu cơ 0,75 kgCOD/m<sup>3</sup>.ngày thì hiệu quả xử lý cao hơn 1 kgCOD/m<sup>3</sup>.ngày, cụ thể: với tải trọng hữu cơ 0,75 kgCOD/m<sup>3</sup>.ngày, hiệu quả xử lý là 91,3% (COD), 90,8% (TSS), 50,3% (phosphorus), 53,9% (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), 99,9% (tổng Coliform), 83% (BOD<sub>5</sub>); với tải trọng hữu cơ 1 kgCOD/m<sup>3</sup>.ngày, hiệu quả xử lý là 88,5% (COD), 90,3% (TSS), 49,8% (phosphorus), 70,6 % (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), 99,9% (tổng Coliform), 86% (BOD<sub>5</sub>); kết quả các tải trọng hữu cơ 1,5 kgCOD/m<sup>3</sup>.ngày và 2 kgCOD/m<sup>3</sup>.ngày đạt hiệu quả xử lý tương đối thấp so với tải trọng hữu cơ 0,75 kgCOD/m<sup>3</sup>.ngày và 1 kgCOD/m<sup>3</sup>.ngày.



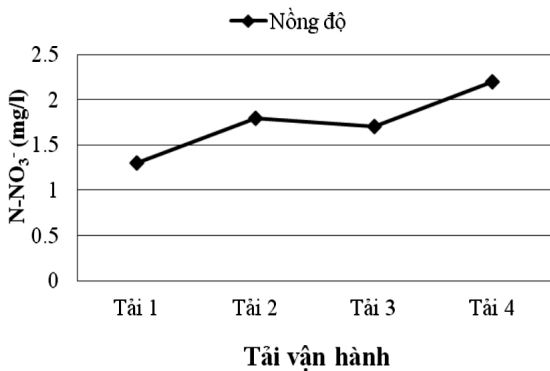
**Hình 5. Nồng độ TSS qua các tải nghiên cứu**



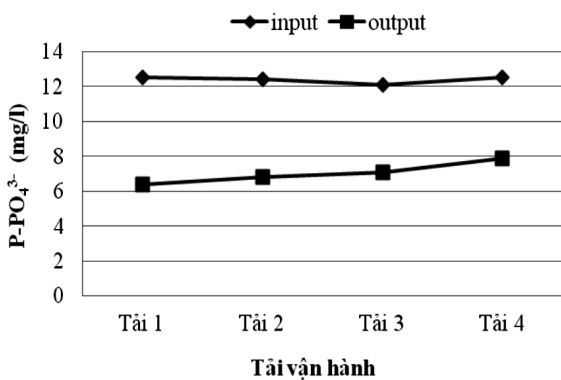
Hình 6. Nồng độ COD qua các tải nghiên cứu



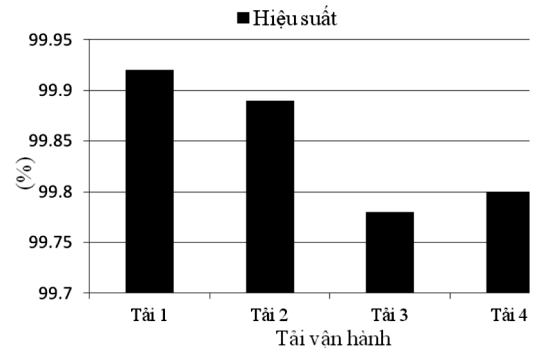
Hình 7. Nồng độ N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> qua các tải nghiên cứu



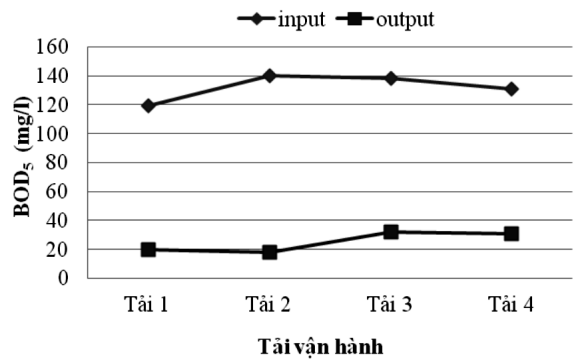
Hình 8. Nồng độ N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> qua các tải nghiên cứu



Hình 9. Nồng độ P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> qua các tải nghiên cứu



Hình 10. Hiệu suất xử lý tổng Coliform qua các tải nghiên cứu



Hình 11. Nồng độ BOD<sub>5</sub> qua các tải nghiên cứu

### 3. Kết luận

Nghiên cứu thể hiện sự kết hợp mô hình Swim-bed (dùng giá thể BioFringe) và mô hình Stick-bed (dùng giá thể BioFix) có khả năng thực hiện đồng thời quá trình nitrat hóa, khử nitrat; loại bỏ cacbon hữu cơ, chất dinh dưỡng.

Hệ thống BF và BX có thể đồng thời thực hiện quá trình nitrat hóa và khử nitrat trong khi công nghệ bùn hoạt tính thông thường không thực hiện được. Hiệu quả khử nitrat sẽ cao hơn khi hệ thống gia tăng nước tuần hoàn từ bể hiếu khí và bể lắng về bể thiếu khí. Thêm vào đó, hệ thống có thể tiết kiệm chi phí để xây dựng bể lắng bởi vì bùn sản sinh trong bể rất thấp.

Theo như kết quả đạt được từ nghiên cứu, chúng tôi đề nghị hệ thống kết hợp Swim-bed và Stick-bed có thể được tiếp tục nghiên cứu thêm để ứng dụng vào việc xử lý nước thải sinh hoạt và đô thị, đặc biệt ở những khu dân cư hay cộng đồng bị hạn chế đất đai.

Nghiên cứu này đưa ra công nghệ có thể ứng dụng trong điều kiện Việt Nam để thay thế hệ thống xử lý bùn hoạt tính thông thường./.

**Tài liệu tham khảo**

- [1] Yingjun Cheng, Yusuke Watanebe, Sen Qiao, Toichiro Koyama, Kenji Furukawa (2006), “Comparison of treatment capacities swim-bed and activated sludge processes for domestic wastewater”, *Japanese Journal of Water Treatment Biology*, (42), p. 129-137.
- [2]. S. Luostarinen, S. Luste, L. Valentine & J. Rintala (2006), “Nitrogen removal from on site treated anaerobic effluents using intermittently aerated moving bed biofilm reactors at low temperatures”, *Water Research*, 40 (8), p. 1607-1615.
- [3]. D. Mulkerrins, A. D. W. Dobson & E. Colleran (2004), “Parameters affecting biological phosphate removal from wastewaters”, *Environment International*, 30 (2), p. 249-259.
- [4]. G. Pastorelli, R. Canziani, L. Pedrazzi & A. Rozzi (1999), “Phosphorus and nitrogen removal in moving bed sequencing batch biofilm reactors”, *Water Science and Technology*, 40 (4-5), p. 169-176.
- [5]. B. Rusten (2006), “Design and operations of the Kaldnes moving bed biofilm reactors”, *Aquacultural engineering*, 34 (3), p. 322-331.
- [6]. X. J. Wang, S. Q. Xia, L. Chen, J. F. Zhao, N. J. Renault & J. M. Chovelon (2005), “Nutrients removal from municipal wastewater by chemical precipitation in a moving bed biofilm reactor”, *Process Biochemistry*, 41 (4), p. 824-828.

**STUDYING DOMESTIC WASTEWATER TREATMENT WITH COMBINATION OF SWIM-BED (BIO-FRINGE CARRIERS USED) AND STICK-BED (BIO-FIX CARRIERS USED) PROCESSES****Summary**

Swim-bed (BioFringe (BF) carriers used) together with Stick-bed (BioFix (BX) carriers used) will generate new applications of biological wastewater treatment. A pilot study includes anoxic, aerobic, and sedimentation tanks. The unit of analysis is raw domestic wastewater with COD loading rates of 0.75 – 1 – 1.5 - 2 kg COD/m<sup>3</sup>/day. The treatment in this study is best obtained when the organic loading rate is 0.75 kg COD/m<sup>3</sup>/day and 1 kg COD/m<sup>3</sup>/day; specifically: all demands decrease Biological oxygen 86.9%; Chemical oxygen 89.8%; Total suspended solid 91%; N – Ammonia 70.7%; Total phosphorus 50%. The study results bring about great potentials to treat nitrogen in wastewater.

Keywords: Swim-bed, Stick-bed, BioFringe, BioFix, domestic wastewater.

Ngày nhận bài: 18/9/2015; Ngày nhận lại: 08/3/2016; Ngày duyệt đăng: 07/6/2016.