

XỬ LÝ AMMONI TRONG NƯỚC NGẦM HÀ NỘI ÁP DỤNG PHƯƠNG PHÁP SINH HỌC ỨNG DỤNG KỸ THUẬT MỚI "SWIM-BED"

Đoàn Thu Hà¹

Tóm tắt: Ammoni có trong nước uống ở nồng độ cao có thể làm ảnh hưởng đến sức khỏe, đặc biệt đối với trẻ sơ sinh. Công nghệ mới sử dụng giá thể mang vi khuẩn hoạt động ở trạng thái nửa cố định, nửa di động (tên gọi "Swim-bed") làm bằng sợi tổng hợp Biofringe được sử dụng trong nghiên cứu xử lý ammoni trong nước ngầm Hà Nội. Hai bể thí nghiệm, nitrat hóa (NBF) và denitrat hóa (DNBF) được sử dụng trong nghiên cứu. Các kết quả nghiên cứu chứng minh hiệu quả loại ammoni cũng như các ưu điểm của bể NBF và DNBF. Tải lượng loại bỏ ammoni ở mức cao so với các nghiên cứu tương tự, ổn định, hàm lượng chất lơ lửng đầu ra nhỏ, quản lý dễ dàng. Công trình xử lý ammoni áp dụng kỹ thuật "swim-bed" và vật liệu BF có thể được áp dụng để xử lý ammoni trong nước ngầm khu vực Hà Nội.

Từ khóa: Nước ngầm Hà Nội, xử lý ammoni, nitrat hóa, khử nitrat, biofringe

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hà Nội đang trong quá trình phát triển mạnh, yêu cầu một lượng nước tiêu thụ ngày càng tăng. Hệ thống cấp nước Hà Nội hiện cung cấp cho thành phố, trong khu vực nội thành Hà Nội khoảng trên 600.000 m³/ng.đêm, trong đó từ nguồn nước ngầm mạch sâu gần 500.000 m³/ng.đêm, được khai thác từ 14 bãi giếng và làm sạch tại 12 trạm xử lý chính quanh khu vực Hà Nội¹. Nước ngầm Hà Nội thường có chứa sắt với hàm lượng từ 1 đến 25 mg/L. Những năm gần đây nguồn nước ngầm Hà Nội có dấu hiệu bị nhiễm ammoni (NH₄⁺) với nồng độ ngày càng cao, dao động từ dạng vết đến 30 mg-N/L tùy theo từng khu vực, trong đó vùng bị ô nhiễm mạnh nhất nằm ở phía Nam thành phố với nồng độ ammoni trong nước phổ biến vào khoảng từ 16 đến 28 mg-N/L²). Kết quả phân tích nguồn nước ngầm được dự kiến khai thác cho các trạm cấp nước nông thôn ở ở khu vực Thường Tín, Phú Xuyên cũng cho thấy hàm lượng ammoni ở mức cao. Ammoni trong nước ngầm tồn tại ở dạng NH₄⁺ và NH₃. Với pH của nước ngầm Hà Nội dao động trong khoảng từ 6 đến 8, ammonia tồn tại chủ yếu ở dạng NH₄⁺ (chiếm 96-100%). Ammoni trong nước ngầm có thể bị ô nhiễm từ

các nguồn chứa ammoni với nồng độ cao như bãi rác thải, cống, kênh dẫn nước thải, đất nông nghiệp có sử dụng phân bón... Ammoni có mặt trong nước ngầm với nồng độ cao cũng có thể do sự phân hủy sinh học tự nhiên của đất bùn, có phổ biến khu vực phía Nam Hà Nội³). Ammoni ở trong nước có thể bị ôxy hóa thành NO₂⁻ và NO₃⁻, gây ra nguy cơ tiềm ẩn tới sức khỏe con người. Đối với trẻ em dưới 6 tháng tuổi, NO₂⁻ có trong nước ăn uống có thể gây ra bệnh mất sắc tố máu (methaemoglobinaemia). Giới hạn hàm lượng theo tiêu chuẩn của Việt Nam (QCVN 01:2009/BYT) cho ammoni, nitrat và nitrit lần lượt là 3, 50 và 3 mg/l, tính theo N lần lượt là 2,3 mg NH₄-N/L, 11.3 mg NO₃-N/L; và: 0.9 mg NO₂-N/L.

Hiện nay các nhà máy nước hiện có của Hà Nội đang sử dụng dây chuyền công nghệ xử lý nước truyền thống gồm có làm thoáng, lắng, lọc và khử trùng bằng clo. Với dây chuyền công nghệ xử lý nước đang sử dụng, hiệu quả xử lý nitơ trong nước ngầm rất thấp, đặc biệt ở những nơi nước ngầm chứa ammoni và sắt với nồng độ cao vì vậy lượng ammoni có trong nước máy ở một số khu vực của Hà Nội vượt quá mức độ ammoni cho phép trong nước sinh hoạt theo tiêu chuẩn Việt Nam và tiêu chuẩn của

¹ Trường Đại học Thủy lợi Hà Nội

tổ chức y tế thế giới. Vì vậy việc nghiên cứu tìm một giải pháp xử lý nitơ cho nước ngầm Hà Nội là cần thiết và cấp bách.

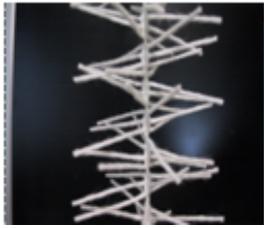
Với mục đích nghiên cứu tìm kiếm một công nghệ xử lý nitơ hợp lý cho nước ngầm Hà Nội, ưu nhược điểm của các phương pháp xử lý nitơ đã được phân tích, đánh giá và so sánh. Phương pháp xử lý loại ammoni ứng dụng công nghệ sinh học bao gồm 2 quá trình nitrat hóa (nitrification) và denitrat hóa (denitrification) được đánh giá có nhiều ưu điểm, có hiệu quả xử lý ammoni cao, giá thành rẻ và không có sản phẩm phụ. Trong giai đoạn nitrat hóa, với sự có mặt của vi sinh vật nitrat hóa tự dưỡng, trong điều kiện hiếu khí, ammoni được oxy hóa thành NO_2^- và sau đó là NO_3^- . Trong giai đoạn denitrat hóa, với sự có mặt của vi sinh vật denitrat hóa và nguồn carbon hữu cơ, trong điều kiện hiếm khí, NO_3^- được khử oxy thành N_2 ⁴⁾. Phương pháp xử lý sinh học nitrat hóa và denitrat hóa (nitrification-denitrification) được lựa chọn áp dụng trong nghiên cứu loại bỏ nitơ từ nước ngầm Hà Nội.

Bùn hoạt tính chứa vi sinh vật nitrat hóa tự dưỡng và denitrat hóa dị dưỡng được sử dụng cho quá trình xử lý sinh học loại ammoni. Bùn hoạt tính hoạt động và sinh trưởng dạng lơ lửng và dạng bám dính trên vật liệu mang vi sinh vật (giá thể). Hình thức xử lý ammoni sử dụng bùn hoạt tính dạng lơ lửng được đánh giá là có hiệu quả loại ammoni cao, tuy nhiên cần có thêm công trình tuần hoàn bùn và công trình lắng lọc tiếp sau bể xử lý sinh học, làm tăng khối tích và số lượng công trình. Công trình xử lý loại ammoni sử dụng bùn hoạt tính thể bám dính có hiệu quả xử lý ammoni cao, không cần tuần hoàn bùn và các công trình xử lý bổ sung. Có hai dạng giá thể mang vi sinh vật đang được sử dụng là giá thể cố định (fixed-bed) và giá thể di động (fluidized-bed). Tuy nhiên, công trình xử lý sử dụng giá thể cố định có các hạn chế như:

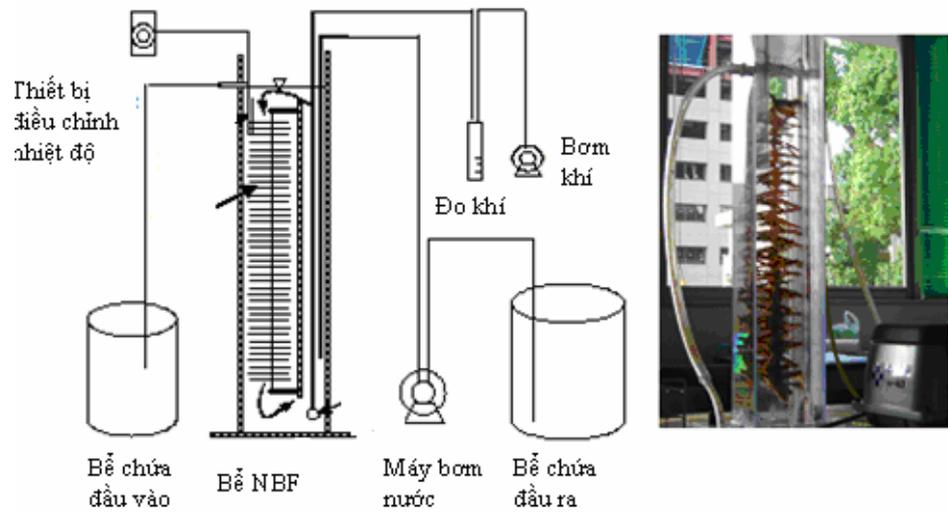
khả năng khuyếch tán chất nền và chất phản ứng kém, gây chết vi sinh vật và làm giảm sinh khối bùn hoạt tính; dễ xảy ra hiện tượng bít tắc đòi hỏi quá trình rửa ngược, khôi phục khả năng làm việc của công trình. Công trình xử lý sử dụng giá thể di động yêu cầu chế độ hoạt động ổn định, giám sát chặt chẽ để không làm nổi, trôi, hoặc chìm giá thể. Trong phạm vi nghiên cứu, công nghệ mới “swim-bed” sử dụng giá thể vừa di động vừa cố định, làm từ sợi tổng hợp acrylic mang tên Biofringe (BF) được sử dụng trong nghiên cứu loại bỏ ammoni trong nước ngầm Hà Nội.

II. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Các bể thí nghiệm nitrat hóa (NBF) và denitrat hóa (DNBF) đã được thiết kế và khởi động sử dụng giá thể mang vi khuẩn BF hoạt động trong trạng thái “swimming” (Hình 1). Sơ đồ cấu tạo của bể NBF, bể DNBF và mô hình thí nghiệm được thể hiện lần lượt trên Hình 2 và Hình 3. Trong nghiên cứu, nước đầu vào là nước ngầm tổng hợp, được pha chế có thành phần tương tự nước ngầm Hà Nội và nồng độ ammoni cao đến 30 mg/L. Nghiên cứu gồm có 3 nội dung chính: (1) Đánh giá khả năng Nitrat hóa nước ngầm Hà Nội nhiễm ammoni ứng dụng công nghệ mới “swim-bed”. Thí nghiệm sử dụng bể NBF, được nghiên cứu với sự thay đổi tải lượng ammoni đầu vào; (2) Đánh giá khả năng ứng dụng công nghệ mới “swim-bed” cho nitrat hóa nước ngầm Hà Nội nhiễm ammoni và sắt. Thí nghiệm sử dụng bể NBF, được nghiên cứu với sự thay đổi trong quá trình thí nghiệm, gồm: thời gian lưu nước, tải lượng ammoni đầu vào, hàm lượng sắt đầu vào, nhiệt độ; (3) Đánh giá khả năng Denitrat hóa của nước ngầm Hà Nội đã nitrat hóa sử dụng bể sinh học “swim-bed”. Thí nghiệm sử dụng DNBF, được nghiên cứu với sự thay đổi về thời gian lưu nước, tải lượng ammoni, hàm lượng ô xy hòa tan.



Hình 1. Cấu tạo vật liệu Biof fringe (BF)



Hình 2. Sơ đồ và bể thí nghiệm NBF

III. NỘI DUNG VÀ KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

1. Đánh giá khả năng Nitrat hóa nước ngầm Hà Nội nhiễm ammoni ứng dụng công nghệ mới “swim-bed”

Trong nội dung nghiên cứu 1, hai bể thí nghiệm nitrat hóa NBF1 và NBF2 mang lượng BF khác nhau (NBF2 mang lượng BF nhiều bằng 2 lần so với bể NBF1) đã được sử dụng để xử lý nước đầu vào không chứa sắt. Kết quả

thí nghiệm cho thấy 95~100% ammoni đã được loại bỏ với tải lượng đầu vào là 0.24 kg-N/m³/ng.đ ở bể NBF1 và 0.48 kg-N/m³/ng.đ ở bể NBF2. Hiệu quả loại bỏ ammoni được thể hiện trên Bảng 2. Bùn sinh trưởng ở thể bám trên BF có hoạt tính cao. Nước đầu ra trong với hàm lượng chất lơ lửng nhỏ hơn 5 mg/L. Hệ thống vận hành đơn giản với hiệu quả xử lý cao và không cần điều chỉnh pH⁵⁾.

Bảng 2. Hiệu quả xử lý ammoni của bể NBF1 và NBF2

Giai đoạn	Số ngày hoạt động (ngày)	Thời gian lưu nước (h)	Tải lượng đầu vào (kg NH ₄ -N/m ³ /ngày)	Lưu lượng khí (l/min)	Tỷ lệ loại ammoni trung bình (%)
NBF1					
A	(0-40)	18-4	0.04-0.18	2	95.23±6.00
B	(41-54)	3	0.24	2	95.56±4.46
C	(55-71)	3	0.24	1	89.34±8.61
D	(72-81)	6	0.12	2	72.64±6.84
E	(82-101)	6	0.12	2	85.37±4.69
NBF2					
A	(0-50)	18-3	0.04-0.24	2	96.67±2.15
B	(51-79)	2.5	0.29	2	94.04±3.50
C	(80-106)	2	0.36	2	93.67±4.58
D	(107-141)	1.5	0.48	2	94.30±4.81
E	(142-159)	1	0.72	2	75.43±3.51
F	(160-190)	2	0.36	2	96.33±2.96

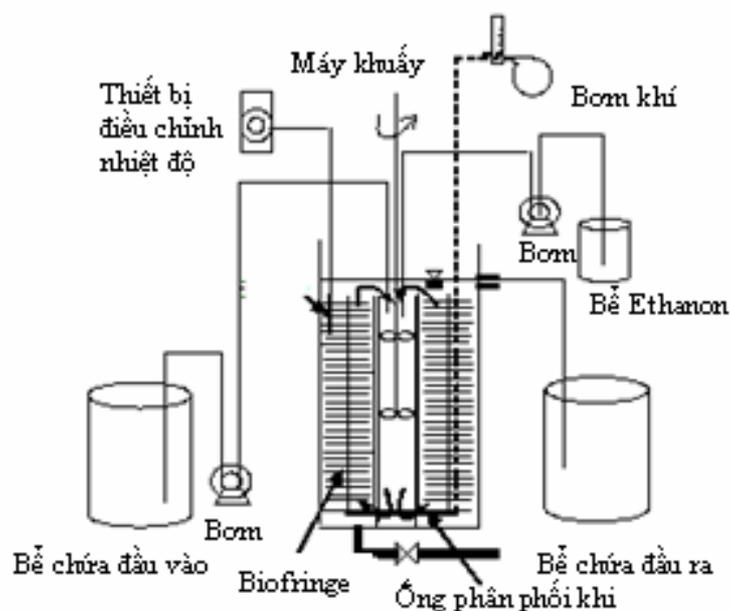
2. Đánh giá khả năng ứng dụng công nghệ mới “swim-bed” cho nitrat hóa nước ngầm Hà Nội nhiễm ammoni và sắt

Hai bể nitrat hóa mang cùng lượng BF đã được sử dụng, bao gồm: Bể NBF2 dùng nước đầu vào không chứa sắt, bể NBF-iron được cung cấp nước đầu vào có chứa sắt. Thí nghiệm được thực hiện với sự thay đổi nồng độ sắt từ 2 đến 10 mg Fe/L. Bể NBF2 loại được 95~100% lượng ammoni với tải lượng đầu vào là 0.48 kg $\text{NH}_4\text{-N}/\text{m}^3/\text{ng.đ}$, bể NBF1 có thể loại được đồng thời 95% lượng ammoni với tải lượng đầu vào là 0.24 kg $\text{NH}_4\text{-N}/\text{m}^3/\text{ng.đ}$ và 5 mg Fe/L. Hiệu quả loại ammoni giảm khi tải lượng đầu vào tăng và khi hàm lượng sắt tăng trên 5 mg Fe/L. Hiệu quả loại ammoni của bể NBF không bị ảnh hưởng bởi sự thay đổi nhiệt độ từ 25°C xuống 15°C. Tổng cộng có 18 loài vi khuẩn được tìm thấy trong bùn hoạt tính của bể NBF2, 13 loài trong bể NBF-iron, trong đó có những loài đã được xác định là *Nitrosomonas oligotropha*, *Nitrosomonas* sp. R5c88, *Nitrospira* sp. Nsp65 (trong bể NBF2) và *Nitrosomonas* sp. AL212 (NBF-iron)⁶⁾.

Denitrat hóa sử dụng bể sinh học “swim-bed”

Bể denitrat hóa sử dụng giá thể BF và kỹ thuật “swim-bed” (DNBF), Hình 3, được cung cấp nước đầu vào là nước đầu ra của bể nitrat hóa hoặc nước tổng hợp có chứa nitrat. Ethanol được sử dụng là nguồn carbon hữu cơ cho sự phát triển của vi khuẩn và là chất nhường electron trong quá trình denitrat hóa. Kết quả thí nghiệm cho thấy 80~90% nitrat đã được loại bỏ với tải lượng đầu vào là 1.44 kg- $\text{N}/\text{m}^3/\text{ng.đ}$ và thời gian lưu nước trong bể là 0.5 giờ, cao hơn nhiều so với một số hệ thống xử lý nitơ sử dụng giá thể cố định (fixed-bed) và di động (fluidized-bed)⁷⁾.

Bể DNBF hoạt động ổn định với thời gian lưu bùn lớn, tốc độ sinh khối tế bào nhỏ, nước đầu ra có hàm lượng chất lơ lửng thấp. DO trong bể DNBF cao đến 1.5 mg/L không làm ảnh hưởng đến hiệu quả loại nitrat. Bể DNBF có thể áp dụng để xử lý nước thải chứa ammoni, nitrat và COD. So sánh hiệu quả xử lý loại nitrat của sử dụng công nghệ “swim-bed” và vật liệu BF trong nghiên cứu này với các nghiên cứu tương tự sử dụng công nghệ và vật liệu khác, được thể hiện trong Bảng 3.



Hình 3. Sơ đồ thí nghiệm DNBF

Bảng 3. So sánh kết quả denitrat hóa với kết quả của các nghiên cứu tương tự

Hệ thống/mô hình thí nghiệm	Chất nhường Electron	Tải lượng nitrat được loại bỏ (kg NO ₃ -N/m ³ /ngày)	Nhiệt độ (°C)	Tài liệu tham khảo
Bể sinh học giá thể di động	Hydrogen	0.34	18-23	9
Bể sinh học giá thể cố định	Ethanol	0.75	12	10
Bể sinh học giá thể cố định	Hydrogen	0.25	25	11
Bể sinh học giá thể cố định	Tinh bột	0.46		12
Bể sinh học sử dụng màng lọc	Ethanol	0.30	25	13
Bể sinh học “swim-bed”	Ethanol	1.26-1.84	13-25	8

III. KẾT LUẬN

Kết quả thí nghiệm đã chứng minh rằng bể thí nghiệm NBF và DNBF có hiệu quả xử lý nitơ cao, vận hành đơn giản, sử dụng giá thể BF, hoạt động ở trạng thái “swimming”, kết hợp được ưu điểm và khắc phục được nhược điểm của hai loại bể lọc sinh học sử dụng giá thể mang vi khuẩn ở trạng thái cố định hoặc di động. Kết quả thí nghiệm cho thấy vật liệu BF có nhiều ưu điểm như thời gian lưu bùn dài, chất rắn lơ lửng đầu ra thấp, có sự thích ứng tốt với sự thay đổi của môi trường, vv... và có khả năng áp dụng trong xử lý nitơ với tải lượng cao. Vật liệu BF là sợi tổng hợp acrylic, nhẹ, bền và không đắt, nên bể lọc sinh học swim-bed sử dụng vật mang vi khuẩn BF có thể được coi là một phương pháp xử lý nitơ hiệu quả và kinh tế. Công nghệ xử lý nitơ NBF-DNBF có thể áp dụng cho xử lý nitơ trong nước ngầm Hà Nội, công trình xử lý nitơ có thể

được phát triển hoặc cải tạo từ các trạm xử lý nước hiện có.

Đề xuất quá trình xử lý amoni cho các trạm xử lý nước ngầm ở khu vực Hà Nội như sau:

- Trạm xử lý nước Pháp Vân, có hàm lượng amoni >11,3 mg N/L áp dụng dây chuyền công nghệ bao gồm hai quá trình NBF và DNBF;

- Trạm xử lý nước Tương Mai, Hạ Đình và các trạm xử lý nước nông thôn khu vực phía Nam như trạm Thường Tín, Phú Xuyên có hàm lượng amoni từ 2,3-11,3 mgN/L áp dụng quá trình NBF. NH₄⁺ được nitrat hóa thành NO₃⁻, thỏa mãn tiêu chuẩn theo QCVN 01:2009/BYT.

- Các trạm cấp nước có hàm lượng amoni < 2,3 mgN/L như Lương Yên, Ngô Sĩ Liên, Mai Dịch, Ngọc Hà, Yên Phụ không cần xử lý amoni.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Công ty kinh doanh nước sạch Hà Nội: Báo cáo tình hình cấp nước, 2012
- [2] Công ty kinh doanh nước sạch Hà Nội: Đánh giá chất lượng nước ngầm và hiệu quả xử lý nước, 2000.
- [3] Dan, N. V. and Dzung, N. T.: Ô nhiễm nước ngầm tại Hà Nội, *Hội thảo quốc tế về môi trường và sức khỏe cộng đồng*, 2002.
- [4] Metcalf & Eddy, Inc.: Wastewater Engineering: Treatment/Disposal/Reuse, 5nd Edition, revised by George Tchobanoglous, McGraw-Hill, New York., 607-629 (2005)
- [5] Đoàn Thu Hà và Kenji Furukawa: Nitrification of Ammonium-contaminated Groundwater using Swim-bed technology, *Tạp chí xử lý nước sinh học Nhật Bản*, 41 (3), 141-152, 2005.
- [6] Đoàn Thu Hà, Royichi Kusumoto and Kenji Furukawa: Evaluation of the Swim-bed attached-growth process for nitrification of Groundwater containing high levels of iron, *Tạp chí xử lý nước sinh học Nhật Bản*, 41 (4), 181-192, 2005.
- [7] Đoàn Thu Hà, Royichi Kanda, Tohichirou Koyama, and Kenji Furukawa: Nitrogen removal from Groundwater using a Swim-bed Biological reactor, *Tạp chí xử lý nước sinh học Nhật Bản*, 42 (2), 65-78, 2006

- [8] Đoàn Thu Hà, Royichi Kusumoto and Kenji Furukawa: Denitrification of Nitrified Hanoi Groundwater using Swim-bed Bioreactor. *Kỷ yếu Hội nghị thường niên của Tổ chức nước thế giới (IWA)*, Bắc Kinh, 2006.
- [9] Smith, R. L, Buckwalter, S. P., Repert, D. A. and Miller, D. N.: Small-scale, hydrogen-oxidizing-denitrifying bioreactor for treatment of nitrate-contaminated drinking water, *Wat. Res.*, 39, 2014-2023 (2005)
- [10] Roenefahrt, K. W.: Nitrate elimination with heterotrophic aquatic microorganisms in fixed bed reactors with buoyant carriers *Aqua*, 5, 283-285 (1989)
- [11] Szekeres, S., Kiss, I., bejerano, T. T., and Soares, M. Z. M.: Hydrogen-dependent denitrification in a two-reactor bio-electrochemical system, *Wat. Res.*, 35, 715-719 (2001)
- [12] Kim, Y.S., Nakano, K., Lee, T.J., Kanchanatawee, S. and Matsumura, M.: On-site nitrate removal of groundwater by an immobilized psychrophilic denitrifier using soluble starch as a carbon source. *J. of Biosci. and Bioeng.*, 93, 303-308 (2002).
- [13] Nuhoglu, A., Pekdemir, T., Yildiz, E., Keskinler, B. and Akay, G.: Drinking water denitrification by a membrane bio-reactor, *Wat. Res.*, 36, 1155-1166 (2002)

Abstract

BIOLOGICAL NITROGEN TREATMENT OF AMMONIUM-CONTAMINATED HANOI GROUNDWATER USING SWIM-BED TECHNOLOGY

To study methods for nitrogen removal from Hanoi groundwater, the biological nitrification-denitrification method was chosen using the newly developed swim-bed attached-growth methods with a novel acryl fiber biomass carrier called biofringe (BF). BF functions in a “swimming” mode and has demonstrated many advantages such as long sludge retention time, low effluent suspended solids, reduced sensitivity to toxic loads and high treatment capability. It can also eliminate head loss caused by clogging and channeling. For this study, synthetic influents were prepared similar in composition to Hanoi groundwater with ammonium concentration up to 30 mg-N/l. NBF and DNBF reactors were used for biological nitrification and denitrification tests.

Keywords: *Hanoi Groundwater, ammonium removal, nitrification, denitrification, biofringe*

Người phản biện: **PGS.TS. Vũ Hoàng Hoa**

BBT nhận bài: 2/12/2013

Phản biện xong: 18/12/2013