

ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ XỬ LÝ CÁC HỢP CHẤT NITƠ TRONG NƯỚC NGẦM BẰNG THIẾT BỊ ĐIỆN THẨM TÁCH (ED)

NGUYỄN THỊ HÀ, NGUYỄN THU TRÀ
Khoa Môi trường, Trường ĐHKHTN Hà Nội

CAO VĂN CHUNG,
Trung tâm Công nghệ cao, Viện KH Vật liệu

Summary

Assessment of efficiency of denitrification of underground water by electro dialysis.

Currently, the nitrogen compound contaminated in number of borehole waters in rural areas even in Hanoi suburb area [SHER, 2004] is much concerned because the risk for human consumption. Therefore, an urgent need for water denitrification and water desalination exists in these areas. Electrodialysis (ED) is an efficient method for the treatment of drinking water with high ammonium concentration, even it achieves only a transfer of pollution by producing concentrated brines. This study aims to evaluate the efficiency ED system in nitrogen compounds removal from water. Experiments performed at laboratory scale with prepared solutions and household scale to treat a ground water contaminated by ammonium, nitrate, and nitrite.

The ammonium concentration of studied underground water found relative high, average of 17.1mg/l. After sand filter unit 50% ammonium was removed; after ED system the most treated water remained below the acceptable value (1.5mg/l) for drinking water. Moreover, the sand filter and ED treatment also reduced a nitrite-

nitrogen and nitrate-nitrogen of water samples. Though nitrite and nitrate concentration in original underground water both lower than permitted standard for drinking water (Decision No 1329/2002BYT-QĐ - Ministry of Health).

Further studies concerning with membrane endurance; removal mechanism and treatment of waste water discharged from ED system are recommended.

1. Mở đầu

Ở Việt Nam đặc biệt là thành phố Hà Nội nguồn cung cấp nước sinh hoạt chủ yếu là nước ngầm. Hiện nay, Hà Nội có 9 nhà máy khai thác nước quy mô lớn, khoảng 200 trạm khai thác nhỏ và hơn 200 lỗ khoan riêng lẻ, tổng cộng có hơn 430 giếng khoan đang khai thác nước ngầm với tổng công suất khoảng 600,000 m³/ngày. Tuy nhiên, hầu hết các giếng đang khai thác nằm trong khu vực có mật độ dân cư cao, lại không có khoảng cách bảo vệ nên chất lượng nước ở các giếng ngày càng cạn kiệt và dễ bị nhiễm bẩn. Đặc biệt phải kể đến thực trạng ô nhiễm các hợp chất nitơ (NH₄⁺, NO₂⁻, NO₃⁻) trong nước ngầm và nước cấp của một số nhà máy trên địa bàn Hà Nội. Trước hiện trạng về vệ sinh môi trường và chất lượng nguồn nước sử dụng cho sinh hoạt, đã có rất nhiều cơ quan, nhà khoa học nghiên cứu và đưa ra giải pháp công nghệ để tách loại nitơ trong nước ngầm. Trong đó phương pháp điện thẩm tách (Electrodialysis -ED) đã được nghiên cứu trong phòng thí nghiệm và lắp đặt thử nghiệm tại thực địa. Trong nghiên cứu này, tiến hành nghiên cứu xử lý các hợp chất nitơ (amoni, nitrit và nitrat) trong nước bằng thiết bị ED và đánh giá hiệu quả xử lý của thiết bị lọc ED quy mô hộ gia đình.

Xử lý các hợp chất của nitơ bằng phương pháp điện thẩm tách, Phương pháp điện thẩm tách đã được nhiều nhà khoa học nghiên cứu áp dụng để xử lý hợp chất nitơ trong nước. Năm 1990, tổ chức Năng lượng áo đã bắt đầu thử nghiệm thiết bị xử lý nitrat bằng điện thẩm tách ở Kleylehof - miền Đông nước Áo. Thời gian thử nghiệm được tiến hành trong hai năm. Công suất của thiết bị khoảng 1 m³/h; nồng độ nitrat trung bình trong nước chưa xử lý là 80 - 100 mg/l. Kết quả

nghiên cứu cho thấy nitrat được xử lý hiệu quả và hệ thống sau đó đã được nâng cấp để đưa vào ứng dụng trong thực tế năm 1996 [6].

K. Kneisel và cộng sự (2001) đã tiến hành nghiên cứu thử nghiệm sử dụng thiết bị điện thẩm tách quy mô pilot để loại nitrat trong nước thải bia. Thiết bị có công suất 24 m³/ngày. Ban đầu nồng độ muối của nước chưa xử lý là 600 ppm, nồng độ nitrat khoảng 50 ppm và tổng độ cứng khoảng 8 meq/l. Kết quả phân tích nước sau xử lý cho thấy chất lượng nước đạt kết quả tốt: nồng độ nitrat chỉ còn 10 ppm và độ cứng là 2,5 meq/l [4].

Tại Morocco, trong nghiên cứu của phòng thí nghiệm thuộc Khoa hóa Trường Đại học Tofail, phương pháp điện thẩm tách được vận hành với thiết bị dạng pilot có công suất 24 m³/ngày để tách loại nitrat ở nước ngầm. Thiết bị được hoạt động dựa trên thông số cơ bản: sự tương quan giữa khử khoáng và khử muối, tỷ lệ thu hồi, tiêu thụ năng lượng [5].

Công nghệ điện thẩm tách sử dụng để tách loại amoni có nhiều ưu điểm vì đồng thời có thể tách loại được một số kim loại nặng có mặt trong nước ngầm như arsen. Ngoài ra hệ thống vận hành ổn định, phù hợp với khí hậu nóng như ở Việt Nam.

Tuy nhiên công nghệ điện thẩm tách cũng còn một số hạn chế như: cần có hệ lọc sơ bộ để loại Fe và cặn, tiêu tốn nước vì có tỉ lệ nước thải khá cao, có thể lên đến 50%.

2. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu thực nghiệm được thực hiện tại Phòng thí nghiệm Trung tâm Tư vấn Chuyển giao Công nghệ Nước sạch và Môi trường, 1001 Hoàng Quốc Việt. Mẫu nước được phân tích bằng phương pháp đo quang trên máy UV - 1601, Shimadzu, Nhật Bản. Phương pháp phân tích NH₄⁺; NO₂⁻; và NO₃⁻ (theo phương pháp tiêu chuẩn của Mỹ).

Mẫu nghiên cứu:

Mẫu nước pha (các dung dịch amoni, nitrit và nitrat): Pha chế trong phòng thí nghiệm để lựa chọn điều kiện làm việc thích hợp (các

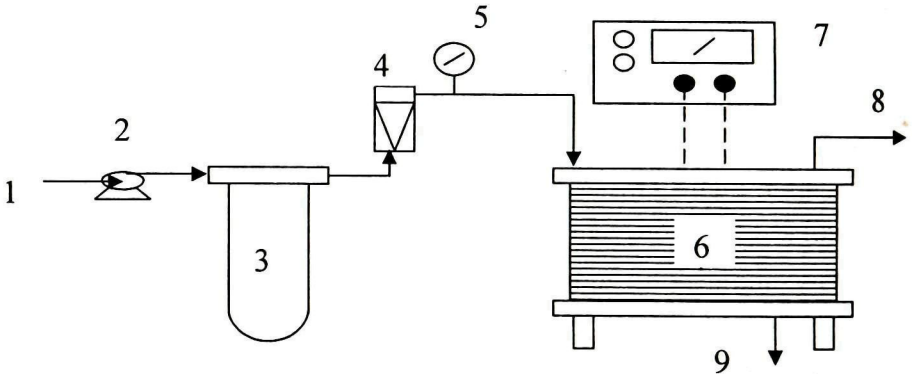
thông số kỹ thuật) cho hệ ED.

Mẫu nước ngầm thực tế: lấy tại gia đình ông Nguyễn Phạm Tĩnh, xã Tam Hiệp, Thanh Trì, Hà Nội ở 3 điểm khác nhau:

- Điểm 1: Nước nguồn (giếng khoan)
- Điểm 2: Nước đã xử lý sơ bộ qua bộ lọc cát (đầu vào hệ ED)
- Điểm 3: Mẫu nước đã qua xử lý (đầu ra hệ ED)

Mẫu nước được lấy ở cùng thời điểm (buổi sáng). Mẫu được lấy làm hai 2 đợt: đợt 1 từ tháng 06/2004 - 11/2004; đợt 2 từ tháng 02/2005 - 5/2005, mẫu được lấy với tần suất 1-2 tuần/lần. Mẫu được bảo quản theo đúng yêu cầu đối với phân tích thông số NH_4^+ ; NO_2^- và NO_3^- .

Sơ đồ thiết bị điện thẩm tách quy mô gia đình: Hệ thống ED sử dụng để tách loại các hợp chất nitơ được trình bày trên hình 1 [1]:



Hình 1. Sơ đồ hệ thống điện thẩm tách ED

- | | |
|--------------------------------|-------------------------------|
| 1. Nước thô | 6. Bộ điện thẩm tách |
| 2. Bơm cấp nước thô | 7. Bộ điều chỉnh nguồn điện |
| 3. Cột lọc kích thước hạt 5 µm | (từ 220VAC thành 0 ÷ 50VDC) |
| 4. Đồng hồ đo lưu lượng | 8. Nước đã xử lý (ra sử dụng) |
| 5. Đồng hồ đo áp lực | 9. Nước thải bỏ |

Một số thông số kỹ thuật cơ bản của thiết bị điện thẩm tách ED chỉ ra như sau:

- Màng chịu được nước nóng phù hợp với khí hậu nóng.
- Lưu lượng nước sử dụng 30 - 60 l/h.

- Năng lượng điện sử dụng cho ED:

Điện áp : $U = 53 \text{ VDC} \pm 3 \text{ VDC}$

Dòng điện: $I = 0,75 - 1.5 \text{ A}$

- Điện cực bằng titan, có phủ lớp oxít kim loại quý để bảo vệ chống ăn mòn điện hoá.

- Khả năng tiêu thụ điện biến đổi từ 1,2 - 2,5 kWh/m³.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Kết quả khảo sát lựa chọn thông số kỹ thuật cho hệ ED

Để xác định các điều kiện làm việc thích hợp (nguồn, lưu lượng dòng,...) đã tiến hành nghiên cứu đánh giá hiệu quả xử lý các hợp chất nitơ (amoni, nitrit và nitrat) trong các mẫu nước pha. Các kết quả chỉ ra ở bảng 1.

Bảng 1: Kết quả xử lý các ion amoni và nitrit bằng công nghệ điện thẩm tách

TT mẫu thí nghiệm	Mẫu	Các thông số phân tích		Nguồn điện		Lưu lượng nước đầu ra (lít/h)
		NH ₄ ⁺ (mg/L)	NO ₂ ⁻ (mg/L)	V	A	
1	Trước xử lý	12,30	0,023	193	0,6	24
	Sau xử lý	4,43	< 0,01			
2	Trước xử lý	15,49	0,039			
	Sau xử lý	2,91	0,012	235	0,6	18
3	Trước xử lý	13,31	0,041			
	Sau xử lý lần 1	2,12	0,018	258	0,6	18
	Sau xử lý lần 2	0,47	< 0,01	217	0,3	15
4	Trước xử lý	11,7	0,038			
	Sau xử lý lần 1	4,04	0,02	193	0,6	24
	Sau xử lý lần 2	0,29	< 0,01	312	0,4	18
5	Trước xử lý	15,65	0,056			
	Sau xử lý lần 1	5,6	< 0,01	186	0,6	24
	Sau xử lý lần 2	0,34	< 0,01	311	0,4	18
6	Trước xử lý	14,36	0,027			
	Sau xử lý lần 1	5,74	0,077	175	0,6	24

TT mẫu thí nghiệm	Mẫu	Các thông số phân tích		Nguồn điện		Lưu lượng nước đầu ra (lít/h)
		NH ₄ ⁺ (mg/L)	NO ₂ ⁻ (mg/L)	V	A	
	Sau xử lý lần 2	0,07	< 0,01	275	0,4	18
7	Trước xử lý	14,38	0,01			
	Sau xử lý lần 1	3,41	0,009	221	0,6	24
	Sau xử lý lần 2	< 0,05	0,004	312	0,4	18
8	Trước xử lý	6,21	< 0,01			
	Sau xử lý	1,7	< 0,01	202	0,6	24
9	Trước xử lý	18,23	2,72			
	Sau xử lý lần 1	3,06	0,87	274	0,6	20
	Sau xử lý lần 2	0,12	0,22	271	0,4	18
11	Trước xử lý	10,76	1,42			
	Sau xử lý lần 1	1,24	0,479	298	0,6	20
	Sau xử lý lần 2	< 0,05	0,106	396	0,4	18
12	Trước xử lý	16,59	1,006			
	Sau xử lý lần 1	3,27	0,403	243	0,5	20
	Sau xử lý lần 2	0,2	0,075	315	0,3	18
13	Trước xử lý	13,14	0,568			
	Sau xử lý lần 1	2,05	0,184	274	0,6	20
	Sau xử lý lần 2	0,11	0,016	362	0,4	18
14	Trước xử lý	14,04	0,416			
	Sau xử lý lần 1	3,83	0,004	222	0,6	21
	Sau xử lý lần 2	0,6	0,001	280	0,4	21
15	Trước xử lý	14,51	1,405			
	Sau xử lý lần 1	4,37	0,261	252	0,6	20
	Sau xử lý lần 2	0,32	ND	320	0,4	20
16	Trước xử lý	14,90	0,84			
	Sau xử lý lần 1	4,83	0,044	208	0,6	20
	Sau xử lý lần 2	0,72	0,011	212	0,4	20

Kết quả khảo sát cho thấy hầu hết các mẫu nghiên cứu cho kết quả xử lý khá cao đối với hệ ED vận hành 1 giai đoạn (hiệu quả xử lý đạt

khoảng 70-80%). Đặc biệt với các mẫu sau xử lý thiết kế hệ ED vận hành 2 giai đoạn cho hiệu quả xử lý amoni và nitrit rất cao, đạt trên 99,5%. Lưu lượng dòng phù hợp qua hệ ED là khoảng 20lít/h. Nguồn điện thích hợp cho vận hành hệ ED có thể sử dụng dòng 600V và cường độ dòng trong khoảng 0,4-0,6A.

3.2. Kết quả xây dựng đường chuẩn xác định NH₄⁺, NO₂⁻, NO₃⁻

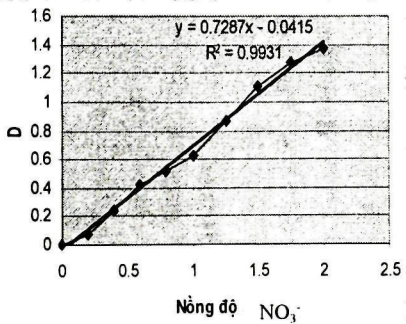
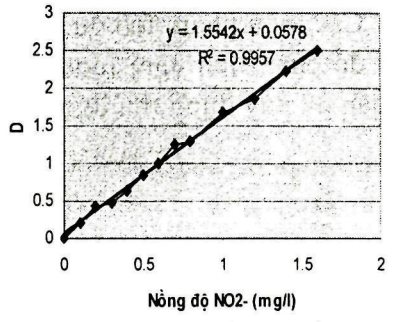
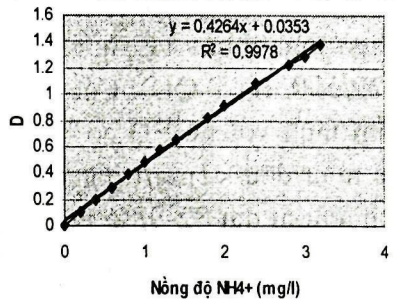
Xây dựng đường chuẩn NH₄⁺ sử dụng dung dịch chuẩn pha từ muối NH₄Cl có hàm lượng: 0,2; 0,4;... 3,2 mg/l và đo mật độ quang ở bước sóng 420nm; đường chuẩn NO₂⁻ và của NO₃⁻ sử dụng muối NaNO₂ (0,1; 0,2;... 1,6 mg/l) và NaNO₃ (0,2; 0,4;... 2,0 mg/l) và đo mật độ quang tương ứng tại bước sóng 520nm và 410nm (xem hình 2).

Các đường chuẩn xây dựng có độ chính xác khá cao, giá trị các hệ số tương quan R² thu được đều > 0,99.

3.3. Đánh giá hiệu quả xử lý NH₄⁺ trong nước ngầm sử dụng hệ ED (quy mô hộ gia đình)

Các mẫu nước được lấy ở thời điểm trước và sau khi qua hệ ED để phân tích hàm lượng amoni trong mẫu dựa trên đường chuẩn đã xây dựng được ở trên. Kết quả hàm lượng amoni trước và sau xử lý được chỉ ra ở hình 3.

Từ hình 3 thấy rằng hàm lượng amoni đầu vào (nước ngầm) nằm trong khoảng từ 11-21mg/L và có mức độ biến thiên khá rõ rệt giữa



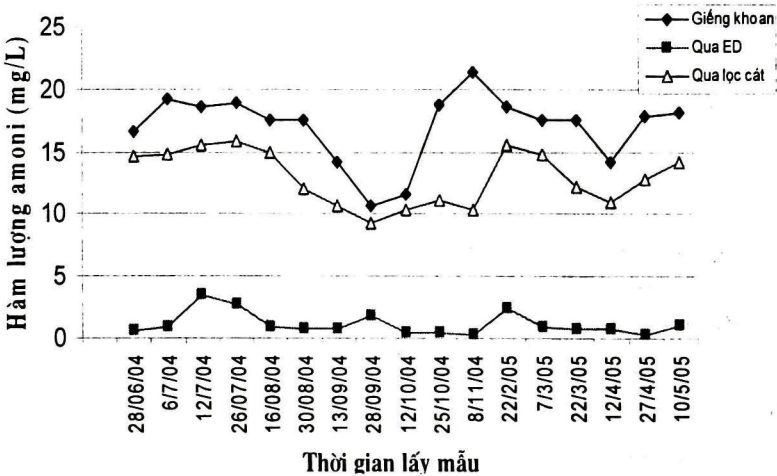
Hình 2: Đường chuẩn của NH₄⁺; NO₂⁻ và NO₃⁻

các đợt lấy mẫu. Hàm lượng amoni của mẫu nước lấy vào tháng 9-10 thấp hơn so với tháng còn lại mặc dù quy luật và sự ảnh hưởng của mùa chưa thật rõ ràng.

Các kết quả phân tích cho thấy hiệu quả tách amoni của bộ lọc cát là khá cao (đạt 50%: giảm từ 21,4mg/l xuống còn 10,4mg/l). Tuy nhiên hàm lượng NH_4^+ vẫn còn lớn hơn nhiều so với TCCP (1,5 mg/l - theo tiêu chuẩn vệ sinh nước ăn uống của Bộ Y tế - Quyết định số 1329/2002BYT-QĐ). Các mẫu sau khi xử lý bằng phương pháp điện thẩm tách với hệ ED có hàm lượng amoni giảm đi rõ rệt, ở hầu hết các mẫu đều <1mg/l đạt tiêu chuẩn nước ăn (13/17 mẫu). Hiệu quả tách amoni đạt 82-98% ngay đối với hệ ED vận hành 1 giai đoạn.

3.4. Đánh giá hiệu quả xử lý NO_2^- và NO_3^- trong nước ngầm sử dụng hệ ED (quy mô hộ gia đình)

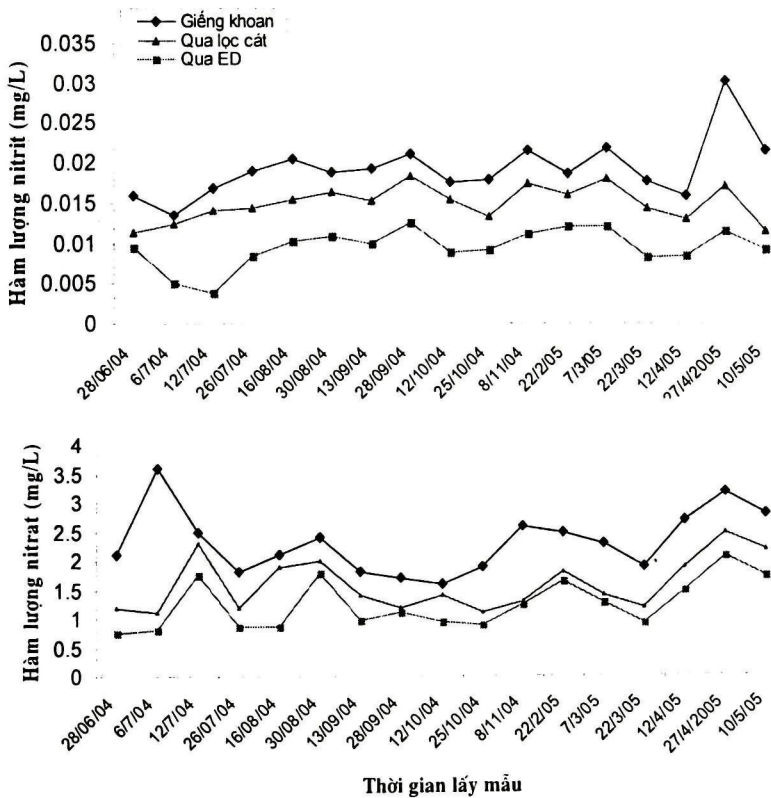
Các mẫu phân tích được lấy ở thời điểm trước và sau khi đi qua hệ ED để phân tích hàm lượng nitrit và nitrat trong mẫu dựa trên đường chuẩn đã xây dựng thu được kết quả ở hình 4.



Hình 3: Biến thiên hàm lượng NH_4^+ , trong các mẫu nước

Các kết quả cho thấy đối với nitrit sự biến thiên hàm lượng giữa các đợt lấy mẫu là không chênh lệch rõ rệt (trừ mẫu lấy tháng 5/05) và không theo quy luật về ảnh hưởng của mùa nằm trong khoảng từ

0,016-0,03mg/l. Hiệu quả tách nitrit của bộ lọc cát không đáng kể khoảng 20%, sau khi qua hệ ED hàm lượng nitrit ở nhiều mẫu cũng giảm không rõ rệt tuy nhiên tất cả các mẫu đều ~ 0,01mg/l hoặc thấp hơn (hiệu quả tách 50-80%). Giá trị này đều đáp ứng TCCP mới của Bộ Y tế cho nước ăn (3mg/l). Tương tự như vậy đối với nitrat hàm lượng NO_3^- giảm dần (không nhiều) khi qua hệ lọc cát và sau hệ ED hàm lượng nitrat giảm từ khoảng 1,6-3,6mg/l (nước ngầm) xuống còn trong khoảng 1,1-2,3mg/l (sau lọc cát) và còn từ 0,7-2,0mg/l. Mặc dù vậy, các giá trị này đều thấp hơn nhiều so với TCCP (50mg/l). Điều đó có thể thấy nitrit và nitrat trong các mẫu nước ngầm nghiên cứu là ở mức rất an toàn, hoàn toàn phù hợp cho sử dụng trong sinh hoạt ăn uống (xem hình 4).



Hình 4: Biến thiên hàm lượng nitrit và nitrat của các mẫu nước nghiên cứu (hiệu quả tách của hệ lọc cát)

4. Kết luận

Từ các kết quả xác định hàm lượng các hợp chất của nitơ (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-) trong nước ngầm và sau khi xử lý qua hệ lọc cát và hệ ED có thể đưa ra một số kết luận sau:

1) Mẫu nước ngầm tại hộ gia đình khảo sát bị ô nhiễm amoni là tương đối cao (hàm lượng trung bình là 17,1mg/l) và các mẫu đều vượt nhiều lần tiêu chuẩn cho phép đối với nước ăn uống.

2) Hiệu quả tách amoni của bộ lọc cát là khá cao đạt 50%: giảm từ 21,4mg/l xuống còn 10,4mg/l. Các mẫu sau khi xử lý bằng phương pháp điện thẩm tách với hệ ED có hàm lượng amoni giảm đi rõ rệt, ở hầu hết các mẫu đều <1mg/l đạt tiêu chuẩn nước ăn (13/17mẫu). Hiệu quả tách amoni của hệ thống (bộ lọc cát và ED) đạt hơn 99%.

3) Đối với thông số NO_2^- , NO_3^- các kết quả phân tích cho thấy hàm lượng trong nước ngầm (chưa xử lý) cũng đã đảm bảo tiêu chuẩn sử dụng. Mặc dù hiệu quả tách nitrit và nitrat của hệ không cao (tối đa khoảng 80% và 60% tương ứng đối với nitrit và nitrat), việc sử dụng nước sau xử lý là an toàn đối với hai thông số này. Hàm lượng nitrit và nitrat trước và sau khi qua hệ ED đều thấp hơn nhiều lần so với tiêu chuẩn cho phép (đối với nitrit là 3,0 mg/l và với nitrat là 50 mg/l - theo tiêu chuẩn vệ sinh nước ăn uống của Bộ Y tế - Quyết định số 1329/2002BYT-QĐ).

4) Trong nghiên cứu tiếp theo cần tiếp tục lấy mẫu phân tích để đánh giá hiệu quả của màng (thời gian sử dụng) và các điều kiện vận hành hệ thống; nghiên cứu ảnh hưởng của một số thành phần khác trong nước ngầm đến hiệu quả xử lý amoni. Việc xử lý nước cặn thải chứa hàm lượng lớn các chất ô nhiễm cũng cần quan tâm để đảm bảo vệ sinh môi trường và quản lý hiệu quả chất ô nhiễm. Xem xét mối quan hệ và sự chuyển hoá giữa NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- trong hệ để tìm hiểu đầy đủ hơn về cơ chế xử lý của hệ ED cũng là hướng nghiên cứu tiếp theo cần thực hiện.

Tài liệu tham khảo

1. SHER- Viện khoa học vật liệu. Báo cáo Dự án "Đánh giá công nghệ phù hợp để tách asen trong nước ngầm khu vực Hà Nội", 2003.

2. Sở Giao thông Công chính Hà Nội, *Báo cáo "Nghiên cứu xử lý nước ngầm nhiễm bản amoni"*, 2002.
3. Trần Thị Xuân Thủy, *Nghiên cứu xử lý hợp chất của nitơ trong nước ngầm bằng phương pháp điện thẩm tách*, Khoá luận tốt nghiệp Khoa Môi trường, Trường ĐHKHTN Hà Nội, 2004.
4. Nguyễn Thu Trà, *Đánh giá hiệu quả xử lý các hợp chất nitơ trong nước ngầm bằng thiết bị điện thẩm tách (ED)*. Khoá luận tốt nghiệp Khoa Môi trường, Trường ĐHKHTN Hà Nội, 2005.
5. S. Annouar, M. Mountadar, A. Soufiane, A. Elmidaoui, M.A. Menkouchi Shali and M. Kahlaoui, *Desalination*, Volume 168, 15 August 2004, page 185-191.
6. F.Hell, J. Lahnsteiner, H. Frischherz and G. Baumgartner, *Desalination*, Volume 117, 20 September, page 173 - 180. 1990.