



NGHIÊN CỨU ÁP DỤNG CÔNG NGHỆ LÀM THOÁNG CẢI TIẾN - LỌC CAO TẢI VÀ TUẦN HOÀN NƯỚC ĐỂ XỬ LÝ ĐỒNG THỜI SẮT, MANGAN VÀ AMONI TRONG NƯỚC NGẦM KHU VỰC HÀ NỘI

Nguyễn Việt Anh^{1*}, Tadao O.², Nguyễn Thành Trung³, Trần Quốc Hùng⁴

Tóm tắt: Nhóm nghiên cứu đã thử nghiệm công nghệ xử lý nước ngầm chứa sắt, mangan, amoni bằng phương pháp làm thoáng cải tiến, lọc nhanh cao tải (17m/h) và có dòng tuần hoàn ở quy mô công nghiệp, công suất hữu ích 2.500m³/ngày tại Nhà máy nước Tương Mai, Công ty Nước sạch Hà Nội. Thời gian vận hành từ tháng 6/2016 đến tháng 3/2017. Kết quả cho thấy các chỉ tiêu sắt, mangan, amoni trong nước sau xử lý đạt quy chuẩn Nhật Bản và Việt Nam về chất lượng nước ăn uống. Hiệu suất xử lý cũng đạt cao, chất lượng nước đạt quy chuẩn đối với các chỉ tiêu asen, chất hữu cơ. Chi phí vận hành hệ thống xử lý nước (điện, nhân công) là 214VND/m³, tiết kiệm được chi phí hóa chất. Kết quả nghiên cứu cho thấy công nghệ làm thoáng cải tiến - lọc cao tải có khả năng áp dụng hiệu quả để nâng cao chất lượng nước tại nhà máy nước Tương Mai và các nhà máy xử lý nước ngầm khác có ô nhiễm sắt, mangan, amoni, asen ở Việt Nam.

Từ khóa: Amoni; asen; nước ngầm; mangan; sắt; xử lý nước.

Study on application of advanced aeration, high rate filtration and flow recirculation for simultaneous removal of iron, manganese and ammonia from groundwater in Hanoi area

Abstract: The pilot experiments on groundwater treatment with high rate injection aeration, high load sand filtration (17m/h) and filtered water recirculation at Tuong Mai water treatment plant, Hanoi city were conducted from June 2016 to March 2017. Results shown that treated water quality were satisfying Japanese and Vietnamese standards for drinking water in terms of iron, manganese, as well as arsenic and organic matters. Average labor and electricity costs for system operation were 214VND/m³ only. The results have proved that the studied technology has potential application for improvement of water quality in Tuong Mai plant, as well as in other groundwater treatment plants in Vietnam contaminated with iron, manganese, ammonia, arsenic and organic matters.

Keywords: Ammonia; arsenic; groundwater; iron; manganese; water treatment.

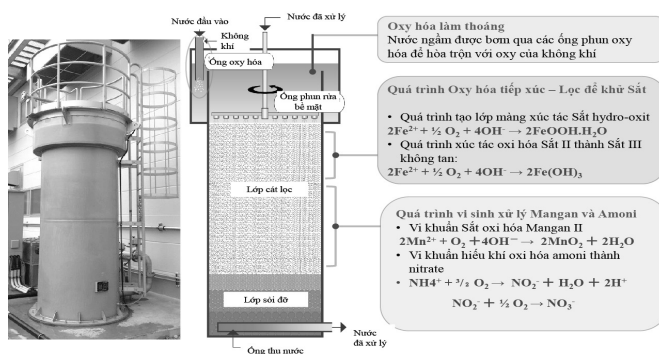
Nhận ngày 7/8/2017; sửa xong 15/9/2017; chấp nhận đăng 26/9/2017

Received: August 7th, 2017; revised: September 15th, 2017; accepted: September 26th, 2017



1. Đặt vấn đề

Việc nâng cao chất lượng nước cấp ở thành phố Hà Nội là một yêu cầu cấp bách, nhằm thỏa mãn yêu cầu ngày càng tăng cao của người dân. Đối với các nhà máy nước sử dụng nguồn nước ngầm, công nghệ xử lý phổ biến hiện đang áp dụng là làm thoáng bằng giàn mưa hoặc tháp làm thoáng cao tải, lắng tiếp xúc, lọc nhanh và khử trùng bằng clo. Công nghệ này có hiệu quả xử lý tốt với sắt, mangan, asen, nhưng kém hiệu quả với nguồn nước



Hình 1. Nguyên lý làm việc của hệ thống pilot [2]

¹ PGS.TS, Viện Khoa học và Kỹ thuật Môi trường, Trường Đại học Xây dựng.

² KS, Công ty Nagaoka, Osaka, Nhật Bản.

³ ThS, Công ty Nagaoka, Osaka, Nhật Bản.

⁴ KS, Công ty TNHH MTV Nước sạch Hà Nội.

* Tác giả chính: E-mail: anhnv@nuce.edu.vn.

có chứa amoni, do giàn mưa hoặc tháp làm thoáng cao tải không cung cấp đủ oxy cho quá trình chuyển hóa amoni. Mặt khác, dây chuyền được chia ra làm nhiều giai đoạn riêng biệt nên chiếm diện tích xây dựng lớn và đòi hỏi nhiều nhân công để quản lý vận hành [1].

Công nghệ xử lý nước ngầm: làm thoáng cải tiến, lọc cao tải và tuần hoàn nước sau lọc (Hình 1) cho phép xử lý đồng thời nước ngầm nhiễm sắt, mangan, amoni và asen chỉ trong một tháp lọc, không cần hóa chất, bể keo tụ và lắng tiếp xúc. Hệ thống sử dụng oxy không khí làm tác nhân oxy hóa, không cần sử dụng hóa chất oxy hóa, keo tụ. Quá trình làm thoáng được tối ưu hóa bằng các ống làm thoáng đặc biệt kiểu ejector. Oxy của không khí được hòa trộn, khuếch tán đều với nước ngầm ở mức gần bão hòa. Sắt, mangan, asen và amoni được xử lý qua các quá trình oxy hóa, lọc tiếp xúc kết hợp với lọc sinh học, diễn ra trong tháp lọc với vật liệu lọc là cát thạch anh. Vận tốc lọc của hệ đạt tới 17m/h, cao hơn nhiều so với quá trình lọc nhanh thông thường (5~7m/h), nhờ đó làm giảm diện tích lắp đặt và chi phí xây dựng. Hệ thống được thiết kế dưới dạng các module tháp lọc bằng kim loại hoặc dạng bể bê tông. Các quá trình lọc, rửa lọc đều được lập trình vận hành tự động [3].

Công nghệ này do Công ty Nagaoka (Nhật Bản) phát triển với tên gọi Chemiles. Chemiles đã được ứng dụng rộng rãi tại Nhật Bản, Trung Quốc, Malaysia với công suất từ nhỏ tới 50.000m³/ngày [4]. Tại Việt Nam, công nghệ Chemiles cũng được nghiên cứu thử nghiệm với quy mô pilot tại Nhà máy nước Tương Mai từ tháng 6/2014 tới tháng 1/2015, được thực hiện bởi Công ty Nước sạch Hà Nội, Công ty Nagaoka và Viện Khoa học Kỹ thuật và Môi trường, Trường Đại học Xây dựng [1]. Dự án thử nghiệm đã chứng minh được công nghệ Chemiles có thể xử lý triệt để nguồn nước ngầm có chứa đồng thời sắt, mangan và amoni tại Nhà máy nước Tương Mai mà không cần dùng hóa chất. Các chỉ tiêu tổng sắt, mangan, amoni trong nước sau xử lý thỏa mãn quy chuẩn nước uống trực tiếp tại vòi của Nhật Bản: sắt <0.3mg/L; mangan <0.05mg/L và amoni <0.1mg/L. Để đánh giá cả về chỉ tiêu chất lượng nước cũng như chỉ tiêu kinh tế, một hệ thống Chemiles với quy mô công nghiệp 2.500m³/ngày đã được đưa vào lắp đặt, vận hành và theo dõi, đánh giá tại Nhà máy nước Tương Mai, thông qua tài trợ của tổ chức JICA Nhật Bản.



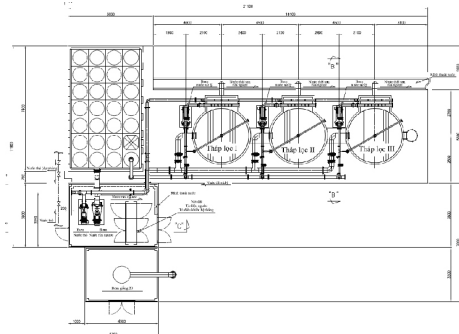
2. Nguyên vật liệu, thiết bị và phương pháp thực hiện

2.1 Mô tả hệ thống thử nghiệm

Hệ thống Chemiles được lắp đặt tại Nhà máy nước Tương Mai vào tháng 6/2016. Hệ thống có diện tích lắp đặt 21m × 12m, gồm 3 tháp lọc bằng thép đường kính 3.200mm, cao 3.700mm, 1 bơm nước thô công suất 11kW, 3 bơm nước sạch 11kW, 1 bơm rửa ngược 26kW và một bể chứa nước sạch dung tích 85m³ (Hình 2). Hệ thống được lập trình hoạt động tự động và thông số vận hành được tự động truyền về qua Internet. Công suất của cột lọc là 7.500m³/ngày. Do hàm lượng amoni trong nước ngầm cao nên một phần nước sau lọc được tuần hoàn lại hệ thống ống phun để tăng hàm lượng oxy hòa tan và pha loãng nước thô vào cột lọc. Đây là giải pháp tăng cường lượng oxy hòa tan cần thiết để oxy hóa đồng thời sắt, mangan, amoni trong nước thô. Tỷ lệ nước sau lọc tuần hoàn trên nước thô được lấy dựa trên kết quả thử nghiệm quy mô pilot là 1 nước thô/2 nước sạch [1]. Lưu lượng nước sau lọc tuần hoàn là 5.000m³/ngày. Công suất nước sạch được xử lý của hệ thống là 2.500m³/ngày. Vật liệu lọc sử dụng là cát thạch anh thông thường, đường kính trung bình 0.6mm. Chiều cao lớp vật liệu lọc trong tháp lọc là 2.000mm [2].

2.2 Phương pháp thực hiện đánh giá hệ thống

Việc lấy mẫu đánh giá hệ thống được thực hiện từ ngày 1/7/2016 tới 31/3/2017. Mẫu nước thô và nước sau xử lý được lấy 1 lần/2 tuần. Hệ thống xử lý hiện có, áp dụng công nghệ truyền thống của Nhà máy nước Tương Mai có công suất 22.000m³/ngày. Sau khi lắp đặt hệ thống Chemiles, hệ thống cũ được vận hành với công suất 19.500m³/ngày. Nước sau xử lý của hệ thống Chemiles, công suất 2.500m³/ngày, chảy vào bể chứa nước sạch và được cấp vào mạng, hòa cùng nước từ hệ thống cũ... Nước cấp vào mạng (sau Trạm bơm cấp II) của Nhà máy nước Tương Mai cũng được lấy mẫu, phân tích để đánh giá sự cải thiện chất lượng nước của Nhà máy.



Hình 2. Hệ thống Chemiles tại Nhà máy nước Tương Mai

Ở giai đoạn đầu, các thông số phân tích bao gồm sắt, mangan, amoni, pH. Từ ngày 18/10/2016, bổ sung thêm chỉ tiêu asen và chỉ số Độ oxy hóa KMnO_4 . Các mẫu nước đồng thời được lấy và phân tích đối chứng bởi Viện Khoa học và Kỹ thuật Môi trường (IESE), Trường Đại học Xây dựng, Phòng Kiểm nghiệm chất lượng nước, Công ty Nước sạch Hà Nội. Ngoài ra, mẫu nước cũng được định kỳ gửi phân tích bởi một đơn vị độc lập là Viện Sức khỏe Nghề nghiệp và Môi trường, Bộ Y tế, so sánh với 31 chỉ tiêu thuộc nhóm A và B, Quy chuẩn nước ăn uống (QCVN 01: 2009/BYT).

Các đồng hồ nước thô, đồng hồ nước sạch, và đồng hồ điện được lắp đặt để tính toán lượng nước dùng cho rửa bể lọc và lượng điện tiêu thụ. Hệ thống được bảo trì hai lần vào tháng 11/2016 và tháng 4/2017. Chi phí nhân công, vật tư cho bảo trì cũng được tổng hợp, đánh giá.



3. Kết quả và thảo luận

3.1 Hiệu quả xử lý nước của hệ thống Chemiles tại Nhà máy nước Tương Mai

Các đồ thị dưới đây thể hiện kết quả chất lượng nước sau xử lý của hệ thống Chemiles. Các chỉ tiêu sắt, mangan, amoni, asen và chất hữu cơ trong nước sau xử lý của Chemiles đều thỏa mãn Quy chuẩn nước ăn uống của Việt Nam QCVN 01:2009/BYT và Quy chuẩn nước uống của Nhật Bản [2, 4].

Hệ thống đạt hiệu quả xử lý sắt và amoni ngay sau khi bắt đầu vận hành. Hiệu suất xử lý trung bình cao (trên 98%) và ổn định trong suốt thời gian theo dõi. Với chỉ tiêu mangan, hệ thống cần thời gian ổn định khoảng 1 tháng để xử lý triệt để ($<0.05\text{mg/L}$). Chất lượng nước sau khi xử lý của Chemiles thỏa mãn quy chuẩn nước ăn uống của Việt Nam QCVN 01:2009/BYT ($\text{Fe} < 0,3\text{mg/L}$; $\text{Mn} < 0,3\text{mg/L}$; $\text{NH}_4^{+}\text{-N} < 3\text{mg/L}$) và tiêu chuẩn nước uống của Nhật Bản ($\text{Fe} < 0,3\text{mg/L}$; $\text{Mn} < 0,05\text{mg/L}$; $\text{NH}_4^{+}\text{-N} < 0,1\text{mg/L}$). Khi hòa trộn với nước sau xử lý của hệ thống cũ tại Nhà máy nước Tương Mai, chất lượng nước cấp vào mạng của toàn Nhà máy được cải thiện. Bảng 2 thể hiện sự cải thiện chất lượng nước của Nhà máy trước và sau khi áp dụng hệ thống Chemiles.

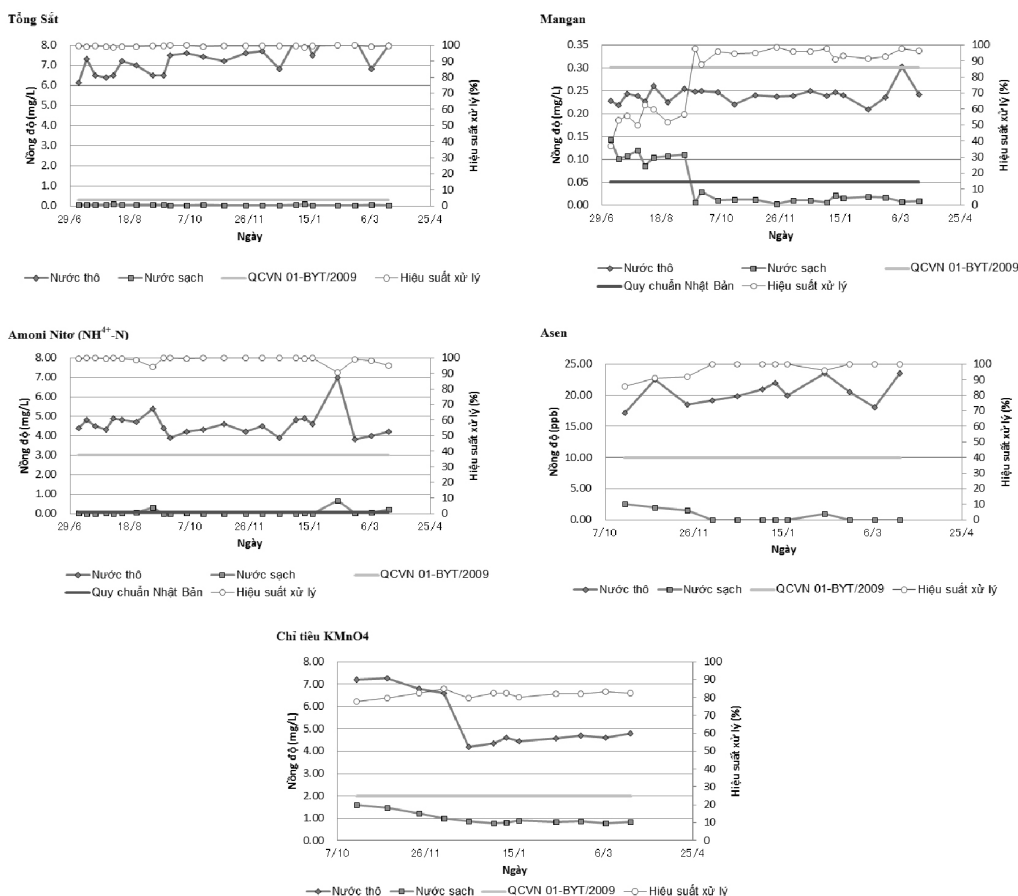
Bảng 1. Chất lượng nước sau xử lý của Chemiles

Chỉ tiêu	Nước thô	Nước sau xử lý	QCVN 01:2009/BYT	Quy chuẩn nước uống Nhật Bản	Ghi chú
Sắt tổng (mg/L)	7.32	0.05	0.3	0.3	Giá trị trung bình, 6/7/2016 ~ 21/3/2017
Mangan (mg/L)	0.24	0.031	0.3	0.05	Giá trị trung bình, 4/8/2016 ~ 21/3/2017
Amoni (mg/L)	4.57	0.06	3	0.1	Giá trị trung bình, 6/7/2016 ~ 21/3/2017
Asen (mg/L)	0.02	0.0058	0.01	0.01	Giá trị trung bình, 18/10/2016 ~ 21/3/2017
Chất hữu cơ (mg/L)	5.34	0.99	2	3	Giá trị trung bình, 18/10/2016 ~ 21/3/2017

Chất lượng nước sau xử lý theo chỉ tiêu sắt của Nhà máy nước Tương Mai luôn đạt Quy chuẩn QCVN 01:2009/BYT. Tuy nhiên, tỷ lệ phần trăm mẫu có chỉ tiêu sắt $<0.09\text{mg/L}$ của Nhà máy sau khi đưa hệ Chemiles vào hoạt động đạt 95.12%, cao hơn so với khi chỉ chạy hệ thống cũ (90.32%). Chất lượng nước sau xử lý theo chỉ tiêu mangan đạt QCVN 01:2009/BYT. Khi đưa hệ thống Chemiles vào hoạt động, chất lượng nước của cả Nhà máy theo chỉ tiêu amoni đã được cải thiện. Mẫu nước có chỉ tiêu amoni đạt Quy

Bảng 2. Hiệu quả nâng cao chất lượng nước khi áp dụng hệ thống Chemiles [2]

Sau xử lý, NMN Tương Mai	Sắt (mg/L)		Mangan (mg/L)		Amoni (mg/L)	
	Kết quả	Tỷ lệ mẫu	Kết quả	Tỷ lệ mẫu	Kết quả mẫu	Tỷ lệ mẫu
Trước 11/8/2016	0.02 - 0.09	90.32%	0.07 - 0.11	51.43%	2.5 - 3.0	25.9%
	0.10 - 0.15	9.68%	0.11 - 0.14	48.57%	3.0 - 3.6	51.85%
					3.6 - 4.1	22.25%
Sau 11/8/2016	0.04 - 0.09	95.12%	0.07 - 0.11	65.63%	2.5 - 3.0	42.86%
	0.10 - 0.15	4.88%	0.11 - 0.14	34.37%	3.0 - 3.6	54.29%
					3.6 - 4.1	2.85%



Hình 3. Chất lượng nước sau xử lý của Chemiles theo sắt, mangan, amoni, asen và chất hữu cơ

chuẩn là 42.86%, cao hơn so với trước đây (25.9%). Nếu áp dụng công nghệ Chemiles cho toàn bộ Nhà máy thì chất lượng nước sau xử lý sẽ đạt QCVN 01:2009/BYT theo các chỉ tiêu trên.

3.2 Các thông số quản lý vận hành hệ thống Chemiles

Chi phí vận hành hệ thống khi áp dụng công nghệ Chemiles được trình bày ở Bảng 3.

Ghi chú: chưa bao gồm chi phí vận hành Trạm bơm giếng, Trạm bơm II, Clo khử trùng.

Bảng 3. Chi phí vận hành của hệ thống Chemiles (VNĐ) [2]

Tiêu thụ điện năng	0.134 kWh/m ³ x 1,600 VNĐ/kWh =	214.4
Tiêu thụ hóa chất	0 mg/L	0
Nhân công	0	0
Tổng chi phí vận hành, VNĐ/m³		214.4

Chỉ tiêu tiêu thụ điện, hóa chất keo tụ và Clo khử trùng trước và sau khi áp dụng Chemiles tại Nhà máy nước Tương Mai được thể hiện ở Bảng 4 dưới đây. Công nghệ Chemiles không sử dụng hóa chất keo tụ nên lượng hóa chất PAC tiêu thụ giảm. Do hàm lượng amoni của dòng nước hòa chung giảm khi áp dụng Chemiles, nên lượng Clo tiêu thụ để khử trùng cũng giảm. Tuy nhiên, do có dòng tuần hoàn sau lọc nên Chemiles tiêu thụ điện năng nhiều hơn so với công nghệ cũ.

Tổng lượng nước thô, nước sau xử lý của Chemiles được ghi lại bằng đồng hồ nước. Lượng nước dùng cho quá trình rửa ngược cột lọc trong hệ Chemiles được thể hiện ở Bảng 5.

Trong quá trình nghiên cứu, hệ thống Chemiles được bảo trì 2 lần vào tháng 11/2016 và tháng 4/2017. Công tác bảo trì được thực hiện trong 3 ngày, bao gồm súc rửa ống phun oxy hóa làm thoáng, súc rửa đường ống nước thô, máng thu nước thải, ống phun rửa bề mặt. Quá trình bảo trì không cần bổ sung hay thay thế vật liệu lọc cũng như thiết bị trong hệ thống. Chi phí cho công tác bảo trì chỉ gồm chi phí nhân công, dụng cụ cọ rửa đơn giản. Tổng chi phí bảo trì là 5.000.000 VNĐ/lần [2].

Bảng 4. Mức tiêu thụ điện, hóa chất trước và sau khi áp dụng Chemiles [2]

Chỉ tiêu	Trước khi áp dụng Chemiles	Sau khi áp dụng Chemiles	Chênh lệch	Giá tiền chênh lệch (VND/m ³)	Đơn giá
Chỉ tiêu điện năng (kWh/m ³)	0,42	0,48	0,059	94,4	1.600 VND/kWh
Chỉ tiêu phèn PAC (g/m ³)	0,52	0,45	-0,064	-9,28	145.000 VND/kg
Chỉ tiêu Clo (g/m ³)	1,65	1,60	-0,05	-0,65	14.200 VND/kg
Tổng chi phí vận hành thay đổi				84,47 VND/m³	

Do hệ thống sử dụng cát lọc mới nên sau một thời gian, bề mặt hạt cát được bao phủ bởi lớp oxit sắt và oxit mangan nên kích thước hạt cát lớn hơn so với ban đầu, làm tăng chiều cao lớp cát lọc trong bể lọc. Ngược lại, trong quá trình rửa ngược, các hạt cát nhỏ sẽ bị cuốn trôi ra khỏi tháp lọc cùng nước rửa lọc. Hai hiện tượng này diễn ra ngược chiều nhau, nên sau khi điều chỉnh chiều cao lớp vật liệu và cường độ rửa ngược, chiều cao lớp cát lọc sẽ được ổn định.

Bảng 5. Lượng nước dùng cho rửa ngược với công nghệ Chemiles [2]

Tổng lượng nước thô	(A)	644,66 m ³
Tổng lượng nước sạch	(B)	615,84 m ³
Tiêu thụ nước cho rửa ngược	(C) = (A) - (B)	28,82 m ³
% theo tổng lượng nước thô		4,47%



4. Kết luận và kiến nghị

Nghiên cứu đã đánh giá được công nghệ Chemiles ở quy mô công nghiệp cả về chất lượng nước, các chi phí quản lý vận hành chủ yếu. Có thể rút ra được một số kết luận như sau về công nghệ Chemiles tại Nhà máy nước Tương Mai:

- Công nghệ Chemiles có thể xử lý triệt để đồng thời sắt, mangan, amoni, asen, chất hữu cơ trong nước ngầm. Chất lượng nước sau xử lý thỏa mãn quy chuẩn của Việt Nam (QCVN 01:2009/BYT) và của Nhật Bản về nước ăn uống một cách ổn định. Hệ thống Chemiles với công suất 2.500m³/ngày đêm giúp nâng cao chất lượng nước nhà máy Tương Mai khi hòa cùng với dòng nước chung (tổng công suất 20.000m³/ngày) sau xử lý của Nhà máy.

- Do không sử dụng hóa chất trong quá trình xử lý nên chi phí tiêu thụ hóa chất, chi phí nhân công vận hành châm hóa chất, và chi phí xử lý bùn keo tụ khi xử lý bằng PAC giảm. Công nghệ Chemiles tiêu thụ điện năng nhiều hơn so với công nghệ xử lý nước ngầm truyền thống do phải có dòng nước tuần hoàn sau lọc.

- Hệ thống Chemiles vận hành và bảo dưỡng đơn giản. Hệ thống vận hành tự động và có thể giảm triệt để nhân công vận hành hệ thống.

Công nghệ Chemiles có khả năng áp dụng hiệu quả cho các nhà máy mới, cũng như các nhà máy cần cải tạo, nâng cấp để xử lý đồng thời sắt, mangan và amoni tại Hà Nội và các khu vực khác ở Việt Nam.

Tài liệu tham khảo

1. Nguyễn Thành Trung, Nakamoto Kento, Oiwa Tadao, Nguyễn Việt Anh, Trần Hoài Sơn, Trần Quốc Hùng, Bạch Tuyết Hồng, Dương Mai Hương, Ngô Ngọc Anh, Nghiêm Văn Chấn (2015), “Nghiên cứu thử nghiệm công nghệ làm thoáng cải tiến - lọc cao tải không dùng hóa chất Chemiles để xử lý đồng thời sắt, mangan và amoni trong nước ngầm khu vực Hà Nội”, *Tạp chí Cấp thoát nước*, 4(102):44-47.
2. Công ty Nagaoka, Công ty Nước sạch Hà Nội, Viện KHKMT (IESE)-Trường Đại học Xây dựng (2017), *Báo cáo tổng kết dự án áp dụng thí điểm công nghệ Chemiles tại nhà máy nước Tương Mai*.
3. Yamada Katsuhiko, Nguyễn Việt Anh, Oiwa Tadao, Nguyễn Thành Trung (2013), “Công nghệ và thiết bị mới khai thác, xử lý nước ngầm”, *Tạp chí Cấp thoát nước*, (4):46-49.
4. Shigenobu, Yukimoto, Oiwa, Cai, Wada (2014), *Đánh giá hiệu quả xử lý sắt, mangan, amoni trong nước ngầm có nhiệt độ thấp bằng công nghệ Chemiles*, Tuyển tập báo cáo nghiên cứu ngành nước toàn Nhật Bản, 264-265.