



NGHIÊN CỨU XỬ LÝ TRIỆT ĐỂ NƯỚC THẢI HẦM LÒ MỎ THAN MẠO KHÊ BẰNG MÀNG SIÊU LỌC (UF) ĐỂ CẤP NƯỚC SINH HOẠT

Trần Đức Hạ¹, Trần Hoàng Anh², Trần Hoài Sơn²

Tóm tắt: Nước thải hầm lò mỏ than Mạo Khê được xử lý bằng phương pháp hóa lý đạt mức B theo QCVN 40:2011/BTNMT sau đó xả ra nguồn nước bên ngoài. Tuy nhiên, để nghiên cứu tái sử dụng lại loại nước thải này vào mục đích cấp nước sinh hoạt cho công nhân, một mô hình nghiên cứu xử lý nâng cao bằng màng lọc UF đã được triển khai tại trạm XLNT mỏ than Mạo Khê. Kết quả nghiên cứu trên mô hình thử nghiệm cho thấy các chỉ tiêu TSS, hàm lượng sắt (Fe), mangan (Mn), sunphat (SO₄), độ cứng, ... trong nước thải sau xử lý đáp ứng quy định QCVN 02:2009/BYT - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước sinh hoạt. Nước thải hầm lò mỏ than sau khi xử lý bậc cao bằng màng siêu lọc UF có thể dùng làm nước sinh hoạt cho công nhân khu vực mỏ than.

Từ khóa: Nước thải hầm lò mỏ than; màng UF; cấp nước sinh hoạt.

Summary: The Mao Khe coalmine wastewater is normally treated by physico-chemical methods to meet the National technical regulations QCVN 40:2011/BTNMT (category B) before discharging into water bodies. However, for study on coalmine wastewater treatment for workers' reuse, an advanced treatment pilot using UF membrane has been installed and tested at Mao Khe coalmine wastewater treatment plant. The research showed that TSS, iron (Fe), manganese (Mn), sulphate (SO₄), hardness, ... in effluent wastewater after UF membrane treatment met the requirements of QCVN 02: 2009/BYT - National technical Regulation on domestic water quality. This also means Mao Khe coalmine wastewater can be used as domestic water for workers upon advanced treatment by UF membranes.

Keywords: Coalmine wastewater; UF membrane; domestic water supply.

Nhận ngày 15/7/2014, chỉnh sửa ngày 30/7/2014, chấp nhận đăng 10/9/2014



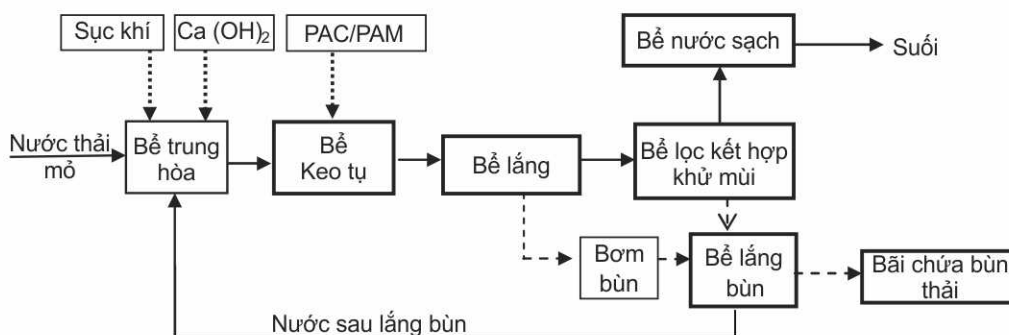
1. Giới thiệu chung

Mạo Khê là mỏ khai thác than hầm lò lớn thuộc Tập đoàn công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam, nằm trên địa bàn huyện Đông Triều, tỉnh Quảng Ninh, có sản lượng khai thác theo thiết kế khoảng 2,5 triệu tấn/năm. Hiện nay mức khai thác trung bình từ 1,8 - 2,0 triệu tấn/năm. Nước thải hầm lò mỏ than Mạo Khê hình thành từ 2 giếng khai thác: giếng độ sâu cốt - 25 m và cốt - 80 m với lưu lượng thay đổi theo điều kiện thời tiết và lớn nhất là 1.800m³/h, được thu gom về trạm xử lý tập trung. Sau khi kết hợp sục khí tạo điều kiện oxy hóa Fe, Mn và bơm dung dịch sữa vôi Ca(OH)₂ vào để nâng độ pH đạt 7 - 7,5 tại bể trung hòa, nước thải được xử lý bằng phương pháp keo tụ - lắng tại các bể lắng để tiếp tục xử lý mangan tại các bể lọc có vật liệu phủ mangan ôxit. Nước thải sau xử lý đảm bảo các quy định mức B của QCVN 40:2011/BTNMT - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải công nghiệp và xả ra suối Non Đông, sau đó đổ vào sông Đá Bạc.

Theo dự báo của Tập đoàn Than và Khoáng sản Việt Nam (TKV), tại khu vực Mạo Khê nhu cầu cấp nước cho sinh hoạt của công nhân các mỏ trong khu vực là 3.500 m³/ngày. Tuy nhiên, khả năng cấp nước máy tập trung cũng như khai thác tối đa nguồn nước mặt và nước ngầm hiện có cũng chỉ cung cấp được 2.950 m³/ngày [1]. Mặt khác, điều kiện cấp nước đến các hầm lò mỏ than rất khó khăn. Vì vậy, giải quyết vấn đề nước sinh hoạt tại khu vực mỏ than Mạo Khê là một vấn đề cấp bách và cần thiết. Nước thải hầm lò mỏ than cũng được xử lý và tái sử dụng cho sinh hoạt ở nhiều nơi trên thế giới [3].

¹PGS.TS, Khoa Kỹ thuật Môi trường. Trường Đại học Xây dựng. E-mail: hatd@nuce.edu.vn

²ThS, Khoa Kỹ thuật Môi trường. Trường Đại học Xây dựng.



Hình 1. Sơ đồ dây chuyền công nghệ xử lý nước thải hầm lò mỏ than Mạo Khê

Lọc qua màng siêu lọc UF đã được biết như là một quá trình xử lý nâng cao để tách kim loại nặng và các chất ô nhiễm đặc biệt trong nước tự nhiên, đảm bảo chất lượng nước phù hợp với mục đích ăn uống và sinh hoạt [2,4]. Vì vậy, một mô hình màng lọc UF công suất 1 m³/h được lắp đặt tại trạm XLNT hầm lò mỏ than Mạo Khê trong thời gian từ tháng 7 đến tháng 12 năm 2013 để nghiên cứu đánh giá khả năng sử dụng UF trong việc xử lý tiếp tục nước thải từ mức B của QCVN 40:2011/BTNMT thành nước cấp cho sinh hoạt của công nhân.



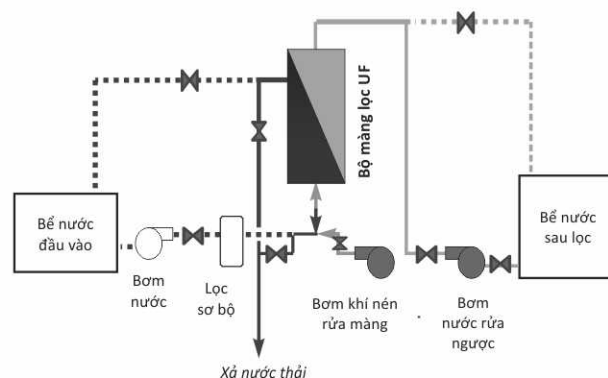
2. Mục đích, mô hình, quy trình và phương pháp nghiên cứu

2.1 Mục đích nghiên cứu

Đánh giá hiệu quả loại bỏ bằng màng lọc UF các chất ô nhiễm còn lại sau quá trình xử lý hóa lý trong nước thải hầm lò mỏ than Mạo Khê để đảm bảo chất lượng nước cấp cho sinh hoạt của công nhân theo QCVN 02:2009/BYT - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước sinh hoạt.

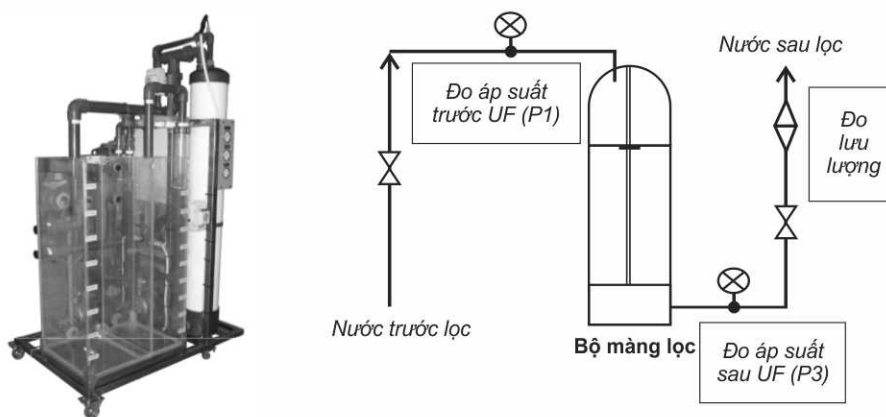
2.2 Mô hình và quy trình nghiên cứu

Nước thải hầm lò mỏ than Công ty than Mạo Khê sau khi xử lý hóa lý bằng các phương pháp keo tụ - lắng và lọc, đảm bảo yêu cầu chất lượng xả thải ra nguồn nước mặt loại B theo QCVN 40:2011/BTNMT được đưa về thùng chứa nước thải đầu vào của mô hình nghiên cứu hiện trường. Sơ đồ nguyên tắc mô hình nghiên cứu quá trình xử lý tiếp tục nước thải hầm lò mỏ than bằng phương pháp màng lọc được nêu trên Hình 2.



Hình 2. Sơ đồ hoạt động của mô hình màng UF hiện trường

Nước đầu vào được bơm qua bộ lọc sơ bộ (lọc sợi, kích thước lỗ rỗng là 100 micron, có thể rửa ngược), sau đó sẽ phân phối đều trên các ống dẫn vào modul màng siêu lọc (UF). Màng sử dụng là loại màng UF sợi ống của hãng Mann - Hummel hoạt động theo nguyên tắc lọc chặn với các đặc tính như: vật liệu màng: PAN cải tiến ưa nước, kích thước lỗ màng: 0,01 - 0,1 μ m, diện tích lọc danh nghĩa: 48 m², khả năng nước lọc qua màng (thông lượng): 11 - 72 L/m².h (ở 25°C), áp suất đầu vào tối đa: 241kPa, áp suất lọc tối đa: 55 kPa. Các thiết bị chủ yếu khác của mô hình là máy bơm cấp nước lên màng hãng Ebara (Ý), loại 3S65-125/4.0, bơm nước rửa ngược Ebara (Ý), loại 3S65 - 125/7.5 và máy thổi khí Tohin (Nhật Bản).



Hình 3. Sơ đồ quá trình lọc qua modul màng UF

Để nghiên cứu hiệu quả xử lý các chất ô nhiễm của màng lọc UF sơ đồ hoạt động của modul màng nêu trên Hình 3. Một van điều chỉnh lưu lượng cho phép duy trì lưu lượng nước cấp luôn ổn định. Nước sẽ được lọc qua màng UF. Sau một thời gian bề mặt các màng lọc sẽ bị bám bẩn, lúc này van sẽ tự động mở để tăng áp lực bơm đầu vào nhằm duy trì lưu lượng nước lọc luôn ổn định theo thông số đã được thiết kế cài đặt sẵn. Một lượng nước cấp sẽ được tuần hoàn trở lại bồn chứa nước cấp hoặc được hồi về phía nước đầu vào nhờ van ở đầu trên của các bộ màng lọc. Lượng nước tuần hoàn này ổn định để hạn chế chất bẩn tập trung trên bề mặt màng lọc. Cũng giống như nước cấp, van điều chỉnh sẽ duy trì lưu lượng nước tuần hoàn ổn định.

Theo định kỳ, các màng lọc sẽ được rửa ngược nhờ phương pháp kết hợp giữa việc sục khí và sử dụng nước đã lọc để rửa ngược nhằm loại bỏ tất cả các chất bẩn bám dính trên bề mặt màng lọc. Hệ thống rửa ngược được kết nối với bồn chứa nước đã lọc và bơm rửa ngược hoặc áp lực dòng sẵn có. Bơm rửa ngược được thiết kế phù hợp với số lượng bộ màng lọc và tần suất rửa ngược. Bơm rửa ngược được gắn với thiết bị biến tần nhằm duy trì tốc độ rửa ngược theo thông số cài đặt sẵn. Nước rửa ngược được đưa từ phía trên kết hợp cùng với khí nén từ phía dưới sẽ làm cho các màng lọc rung động rất mạnh. Sự rung động mạnh này sẽ làm bong tách các chất bẩn ra khỏi bề mặt sợi màng lọc. Lượng nước bẩn này sẽ được xả bỏ.

Như vậy, với mô hình và quy trình đã nêu có thể thực hiện nội dung nghiên cứu là: xác định hiệu quả xử lý các chất ô nhiễm theo hàm lượng chất rắn lơ lửng (TSS), độ cứng, sunphat (SO_4^{2-}), Fe, Mn... có trong nước thải hầm lò mỏ than bằng màng lọc UF ứng với áp suất động học qua màng và thông lượng nước lọc qua màng cố định (20 kPa và 20 L/m²h).

2.3 Các phương pháp phân tích

Các chỉ tiêu chất lượng nước được phân tích theo các phương pháp tiêu chuẩn: TCVN 6492:2011 (ISO 10523:2008) Chất lượng nước - Xác định pH; TCVN 6625:2000 (ISO 11923:1997) Chất lượng nước - Xác định chất rắn lơ lửng bằng cách lọc qua cái lọc sợi thủy tinh; TCVN 6177:1996 Chất lượng nước - Xác định sắt bằng phương pháp trắc phổ dùng thuốc thử 1,10-phenantrolin; TCVN 6002:1995 Chất lượng nước - Xác định mangan - Phương pháp trắc quang dùng formaldoxim; TCVN 6224: 1996 Chất lượng nước - Xác định độ cứng và TCVN 6200: 1996 Chất lượng nước - xác định hàm lượng sunfat.

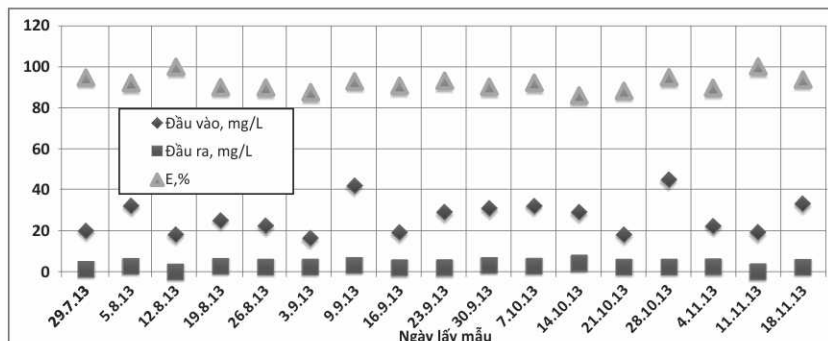
Các thông số vật lý của mô hình: áp lực nước trước và sau màng lọc, áp suất khí nén, lưu lượng nước lọc qua màng được xác định bằng đồng hồ đo áp suất, lưu lượng,... gắn trên mô hình. Các chỉ số đặc trưng của màng như tỉ lệ nước thu hồi, hiệu suất xử lý,... được xác định trên cơ sở tính toán thông qua các số liệu phân tích và số liệu đo đạc.



3. Kết quả nghiên cứu xử lý nước thải hầm lò mỏ than bằng màng UF trên mô hình hiện trường và thảo luận

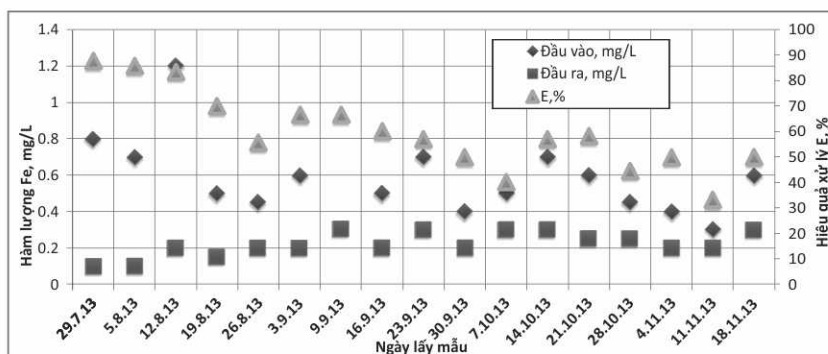
Sau khi xử lý bằng phương pháp keo tụ - lắng - lọc, nước thải hầm lò mỏ than Mạo Khê đạt mức B theo QCVN 40:2011/BTNMT và được bơm về xử lý tiếp tục trong bộ màng lọc với quy trình hoạt động bình thường theo chế độ tự động với áp suất lọc qua màng (P1 - P3) là 20kPa. Áp suất lọc hoặc lưu tốc lọc có thể được điều chỉnh bằng biến tần. Đối với thông số chất rắn trong nước thải, hiệu quả xử lý bằng màng lọc UF qua các lần lấy mẫu được nêu trên Hình 4.

Theo biểu đồ nêu trên Hình 4, sau quá trình xử lý bằng phương pháp hóa lý qua các công trình keo tụ - lắng và lọc cát, hàm lượng chất rắn lơ lửng còn lại trong nước thải dao động từ 16 đến 45 mg/L, phụ thuộc vào chế độ vận hành công trình cũng như chất lượng nước thải hầm lò mỏ than bơm về. Sau quá trình lọc qua bộ màng UF, hàm lượng chất rắn lơ lửng còn lại nằm ở mức 0,2 đến 4,8 mg/L, trung bình là 2 mg/L. Hiệu quả xử lý TSS trung bình bằng màng lọc UF là 93,5%. Nước thải sau xử lý bằng màng lọc có TSS luôn đảm bảo quy định của QCVN 02:2009/BYT - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước sinh hoạt (độ đục dưới 5 NTU, tương đương TSS là 5 mg/L).

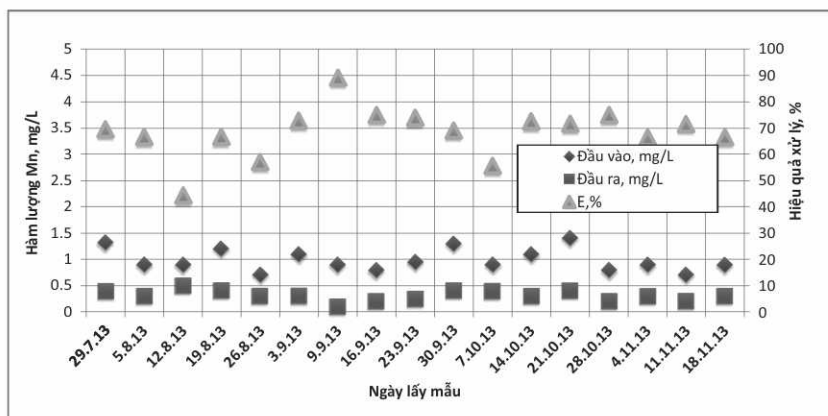


Hình 4. Hiệu quả xử lý UF theo TSS bằng màng lọc qua các lần lấy mẫu

Theo biểu đồ Hình 5, hiệu quả tách sắt khỏi nước thải bằng màng lọc UF đạt từ 60 đến 70%. Với hàm lượng sắt đầu vào dao động từ 0,3 mg/L đến 1,2 mg/L, trong đó hàm lượng Fe(II) chiếm 25 - 30% (dao động từ 0,1 đến 0,35 mg/L), nước sau lọc màng UF có hàm lượng sắt từ 0,1 đến 0,3 mg/L, luôn nhỏ hơn 0,5 mg/L, đảm bảo quy định của QCVN 02:2009/BYT - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước sinh hoạt. Hiệu quả xử lý Fe trung bình bằng màng lọc UF là 67%.

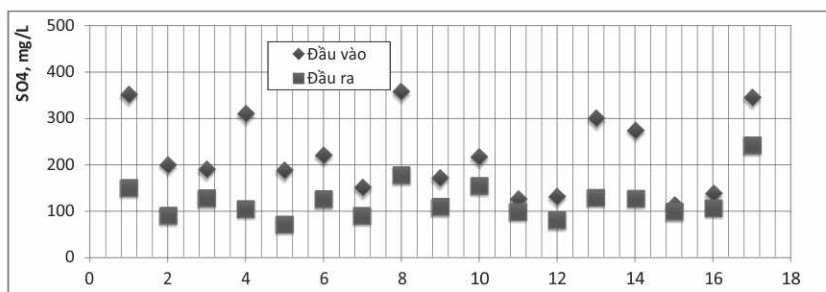


Hình 5. Hiệu quả xử lý theo Fe bằng màng lọc UF qua các lần lấy mẫu



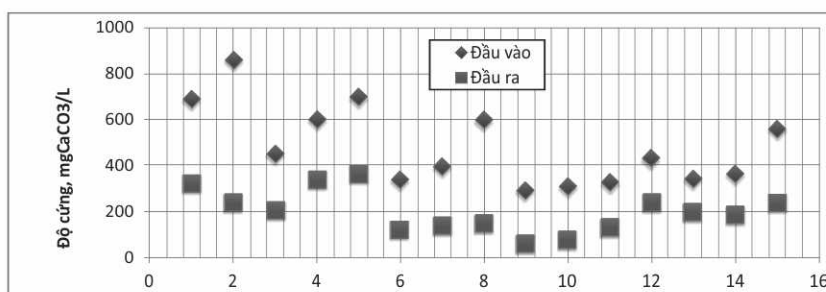
Hình 6. Hiệu quả xử lý mangan (Mn) bằng màng lọc UF qua các lần lấy mẫu

Theo biểu đồ Hình 6, màng lọc UF có khả năng tách mangan ra khỏi nước thải. Hàm lượng mangan đầu vào dao động từ 0,7 đến 1,4 mg/L chủ yếu dưới dạng $Mn(OH)_2$ kết tủa không hòa tan và sau khi qua màng lọc, giảm xuống còn dưới 0,5 mg/L. Trong 10 mẫu nước phân tích, có 12 mẫu nước thải hàm lượng Mn nhỏ hơn 0,3 mg/L, đáp ứng quy định của QCVN 01:2009/BYT - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước ăn uống. Hiệu quả xử lý Mn trung bình bằng màng lọc UF là 68%.



Hình 7. Hàm lượng sunfat (SO_4) đầu vào và đầu ra qua các lần lấy mẫu

Nước thải hầm lò mỏ than có hàm lượng sunfat cao. Sau quá trình keo tụ - lắng và lọc tại các công trình xử lý truyền thống hàm lượng sunfat trong nước thải giảm không đáng kể. Tuy nhiên, khi lọc qua màng UF, một lượng lớn sunphat được giữ lại trên bề mặt màng. Biểu đồ Hình 7 cho thấy hàm lượng sunfat đầu vào bộ màng lọc dao động từ 100 đến 360 mg/L nhưng đầu ra hàm lượng sunfat từ 60 đến 248 mg/L, nằm trong giới hạn cho phép theo quy định của QCVN 01:2009/BYT - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước ăn uống (250 mg/L).



Hình 8. Độ cứng trong nước thải đầu vào và đầu ra qua các lần lấy mẫu

Độ cứng được tính theo hàm lượng $CaCO_3$ trên đơn vị thể tích mẫu. Nước thải hầm lò mỏ than có nguồn gốc nước ngầm, qua quá trình keo tụ lắng và lọc được giảm đi một phần. Tuy nhiên, trong nước thải đưa về bộ lọc màng, độ cứng trong nước vẫn còn lớn (từ 280 đến 700 mg/L). Sau quá trình lọc màng độ cứng của nước đã giảm đi đáng kể. Độ cứng của nước thải sau quá trình lọc màng UF dao động từ 60 mg $CaCO_3$ /L đến 360 mg/L, nằm trong phạm vi cho phép của nước sử dụng cho sinh hoạt (350 mg/L) theo QCVN 02:2009/BYT - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước sinh hoạt.

Tổng hợp kết quả nghiên cứu xử lý tiếp tục các chất ô nhiễm trong nước thải hầm lò mỏ than khu vực Mạo Khê qua bộ màng lọc UF trên mô hình hiện trường được thể hiện trong Bảng 1. Trong quá trình bơm và xử lý bằng keo tụ - lắng - lọc tại trạm XLNT hầm lò mỏ than Mạo Khê do không đủ oxy nên oxy hóa sắt và mangan diễn ra chưa triệt để. Trong nước đầu ra của trạm XLNT còn một phần không nhỏ các ion Fe^{2+} và Mn^{2+} . Màng UF có hiệu quả xử lý các chất ô nhiễm chủ yếu trong nước thải hầm lò mỏ than như Fe, Mn,... dưới dạng muối không hòa tan. Vì vậy nước đầu ra khỏi màng UF vẫn còn hàm lượng Fe trung bình là 0,2 mg/L và hàm lượng Mn trung bình là 0,3 mg/L, nằm trong giới hạn cho phép của nước ăn uống theo quy định của Tổ chức Y tế thế giới. Ngoài ra, quá trình lọc màng UF cũng loại bỏ được các phần tử chất rắn phân tán tinh nên nước sau lọc có độ đục nhỏ, đảm bảo yêu cầu nước sinh hoạt. Hiệu quả xử lý các phần tử không hòa tan (TSS, muối sắt, Mn,...) cao hơn nhiều so với các muối hòa tan.

Bảng 1. Hiệu quả xử lý các chất ô nhiễm trong nước thải hầm lò mỏ than bằng màng lọc UF

TT	Chỉ tiêu	Hiệu suất xử lý trung bình, %	Nồng độ trung bình sau UF, mg/L
1	TSS	93,5	2
2	Fe	67	0,2
3	Mn	68	0,3
4	Độ cứng (tính theo CaCO ₃)	52	200
5	Sunfat (SO ₄ ²⁻)	50	100

Như vậy, kết quả phân tích cho thấy phần lớn các thông số chất lượng nước sau lọc bằng màng UF đều đạt yêu cầu chất lượng nước phục vụ cho sinh hoạt theo QCVN 02:2009/BYT. Ngoài ra, nhiều chỉ tiêu chất lượng nước thải hầm lò mỏ than sau lọc màng UF đạt được giá trị cho phép đối với nước ăn uống theo quy định của QCVN 01:2009/BYT.

Ngoài nội dung nghiên cứu này, theo dõi vận hành trên mô hình trong thời gian 5 tháng từ tháng 7 năm 2013 đến tháng 12 năm 2013, thấy rằng điện năng tiêu thụ chủ yếu cho quá trình bơm cấp nước lên màng là 1,2 kWh, cho máy thổi khí rửa màng là 0,15 kWh và bơm rửa ngược là 0,15 kWh (tổng cộng 1,5 kWh) cho 1 m³ nước sản phẩm. Trên mô hình Hình 1 cũng có thể triển khai nghiên cứu hiện tượng tắc và quy trình phục hồi hoạt động màng lọc. Tuy nhiên, trong khuôn khổ bài báo chỉ trình bày kết quả nghiên cứu về hiệu quả xử lý triệt để các chất ô nhiễm trong nước thải hầm lò mỏ than để phục vụ mục đích cấp nước sinh hoạt cho công nhân.



4. Kết luận

Kết quả nghiên cứu trên mô hình hiện trường cho thấy nước thải hầm lò mỏ than Mạo Khê chất lượng mức B theo QCVN 40:2011/BTNMT - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải công nghiệp khi xử lý tiếp tục bằng màng siêu lọc UF thì các chỉ tiêu TSS, Fe, Mn, sunfat, độ cứng,... trong nước sau lọc không những đảm bảo được quy định của nước sinh hoạt QCVN 02:2009/BYT - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước sinh hoạt mà các giá trị này còn nằm trong phạm vi cho phép đối với nước ăn uống theo QCVN 01:2009/BYT - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước ăn uống. Nước thải hầm lò mỏ than sau khi xử lý tiếp tục bằng màng siêu lọc UF có thể dùng làm nước sinh hoạt, đặc biệt là tắm rửa cho công nhân khu vực mỏ than.

Tài liệu tham khảo

1. Tập đoàn công nghiệp than và khoáng sản Việt Nam, *Quy hoạch phát triển than vùng Uông Bí đến năm 2020, có xét triển vọng đến năm 2030*.
2. AWWA (2005), *Microfiltration and Ultrafiltration Membranes for Drinking Water*, In Manual of Water Supply Practices-M53 (Denver, CO, AWWA).
3. Dharmappa, H., Sivakumar, M. & Singh, R(2002), *Wastewater characteristics, management and reuse in mining and minerals processing industries*, Vol. I ed. s.l.:Oxford, UK.
4. Richard W.Baker (2004), *Membrane Technology and Applications*, John Wiley & Sons, Ltd.