

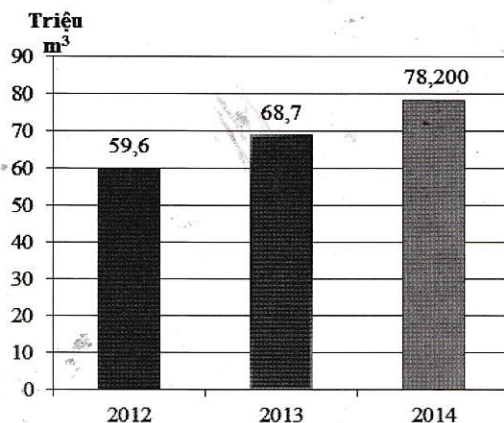
# MỘT SỐ KẾT QUẢ ỨNG DỤNG CHẾ PHẨM NANO SẮT XỬ LÝ NƯỚC THẢI Ô NHIỄM KIM LOẠI NẶNG TRONG KHAI THÁC THAN, KHOÁNG SẢN

LÊ BÌNH DƯƠNG, NGUYỄN QUỐC THỊNH  
Viện KHCN Mỏ-Vinacomin

LÊ THỊ MINH HẠNH - Trường Đại học Mỏ-Địa chất  
Email: leduong80@gmail.com

## 1. Đặc điểm tính chất nước thải mỏ và hiện trạng công nghệ xử lý nước thải trong ngành khai thác than, khoáng sản tại Việt Nam

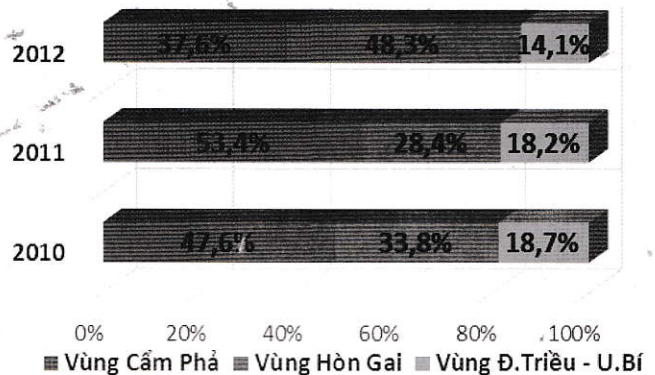
Ngành khai thác, chế biến than, khoáng sản hiện đang áp dụng hai hình thức khai thác lộ thiên và hầm lò. Khai thác lộ thiên thường tạo ra các hố moong sâu so với địa hình tự nhiên của khu vực, nguồn nước chảy vào moong bao gồm nước ngầm và nước mưa. Khai thác hầm lò tạo ra các đường lò đi sâu xuống lòng đất, nguồn nước chảy vào hầm lò chủ yếu là nước ngầm thấm ra. Để khai thác được than cần thực hiện bơm thoát nước ra khỏi khu vực, từ đó xuất hiện nước thải mỏ.



H.1. Lưu lượng nước thải mỏ phát sinh diễn biến từ năm 2012 đến năm 2014

Nước thải mỏ than thường có tính axit và hàm lượng kim loại (chủ yếu là Fe, Mn) cao nguyên nhân là do trong các mỏ than đều có pyrit ( $FeS_2$ ) đi kèm. Nước thải phát sinh từ ngành công nghiệp khai khoáng (Fe, Cu, Zn, Pb, Sn,...) chủ yếu từ các công đoạn sau: khai thác, tuyển thô và tuyển tinh.

Đối với nước thải phát sinh từ hoạt động khai thác (nước rửa trôi từ bề mặt khai trường) hiện nay chủ yếu được thu gom, xử lý bằng các hố lắng trước khi thải ra môi trường. Nước thải tuyển thô được thu gom vào các hố lắng, hồ thải quặng đuôi (hình thành chủ yếu bằng đắp đập chắn) để tuần hoàn tái sử dụng, không thải ra ngoài. Hiện tại, chỉ có nước thải từ quá trình tuyển tinh-luyện kim thường có hàm lượng kim loại nặng cao, có tính axit cần phải xử lý đạt QCVN trước khi thải vào môi trường.



## H.2. Tỷ lệ phát sinh nước thải mỏ tại các vùng khai thác than từ năm 2012 đến năm 2014

Hiện nay, ngành than có khoảng 40 trạm xử lý nước thải mỏ theo các nhóm công nghệ chính như sau:

➢ Nhóm 1: trung hòa bằng sữa vôi → Keo tụ → Lắng (lắng ngang hoặc lắng đứng). Nhóm công nghệ này chủ yếu áp dụng cho nước thải mỏ có tính axit, hàm lượng TSS, Fe vượt quy chuẩn cho phép, tuy nhiên hàm lượng Mn tương đối thấp nằm trong giới hạn cho phép;

➢ Nhóm 2: trung hòa bằng sữa vôi → Keo tụ → Lắng (lắng ngang, lắng đứng hoặc lamella) → Lọc Mangan bằng bình lọc áp lực. Nhóm công nghệ



này có thể xử lý triệt để nước thải có tính axit, hàm lượng TSS, Fe, Mn cao vượt giới hạn cho phép. Tuy nhiên, công nghệ này có nhược điểm tiêu tốn nhiều điện năng cho khâu lọc áp lực để xử lý Mn, dẫn đến chi phí xử lý tương đối cao;

➤ Nhóm 3: trung hòa bằng sữa vôi → Keo tụ → Lắng (lắng lamella) → Lọc Mangan bằng bể lọc trọng lực. Công nghệ này đang ngày càng được ứng dụng nhiều cho xử lý nước thải mỏ, có thể xử lý triệt để nước thải có tính axit, hàm lượng TSS, Fe, Mn cao vượt giới hạn cho phép. Ngoài ra, công nghệ này có ưu điểm là chi phí đầu tư và vận hành thấp, thuận lợi trong cải tiến, mở rộng hệ thống;

➤ Nhóm 4: keo tụ → Lắng I (lắng đứng) → Trung hòa & Oxy hóa → Keo tụ → Lắng II (lắng đứng) → Hạ pH bằng axit H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Công nghệ này mới được áp dụng tại Trạm xử lý nước thải khu vực Trảng Khê-Hồng Thái do MIRECO thiết kế, đây là trạm xử lý nằm trong chương trình hợp tác với Hàn Quốc của TKV. Hệ thống xử lý này đang trong giai đoạn vận hành thử nghiệm nên chưa có đánh giá cụ thể về hiệu quả xử lý, chi phí vận hành, tính ổn định;

➤ Nhóm 5: công nghệ đầm lầy sinh học (Wetland). Đây là công nghệ không sử dụng đến hóa chất để xử lý mà tận dụng được các phản ứng hoá học và sinh học xảy ra trong tự nhiên để xử lý nước thải mỏ với chi phí duy trì thấp. Công nghệ này phù hợp với lưu lượng nước thải nhỏ, tính chất ổn định, và hiện mới chỉ được nghiên cứu thử nghiệm duy nhất tại vùng Đông Triều-Uông Bí.

Đối với những nguồn thải có hàm lượng kim loại nặng cao (chủ yếu từ các nhà máy tuyển khoáng, nhà máy luyện kim) công nghệ áp dụng là tăng dần độ pH bằng Ca(OH)<sub>2</sub> để khử các kim loại nặng → Keo tụ → Lắng (lắng lamella) → hạ pH bằng axit H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

Nước thải mỏ khai thác và chế biến khoáng sản có hàm lượng các kim loại nặng cao (Pb, Cu, Fe, Mn,...), pH thấp chủ yếu từ quá trình tuyển tinh (luyện kim). Mặc dù một số nhà máy đã có hệ thống xử lý nước thải hoàn chỉnh, xử lý các thông số kim loại nặng đạt QCVN nhưng công nghệ phức tạp, tiêu tốn hóa chất và giá thành xử lý cao. Do đó, việc nghiên cứu ứng dụng vật liệu mới để xử lý nước thải từ quá trình chế biến khoáng sản nhằm giảm chi phí đầu tư ban đầu, chi phí vận hành và vận hành đơn giản hơn là vấn đề cấp thiết trong ngành khai thác khoáng sản tại Việt Nam.

**2. Đặc điểm và công dụng của chế phẩm tổ hợp nano kim loại hóa trị 0 trên nền vật liệu nano sắt (NZVI)**

Những năm gần đây, việc nghiên cứu và ứng dụng công nghệ nano trong xử lý nước nhận được

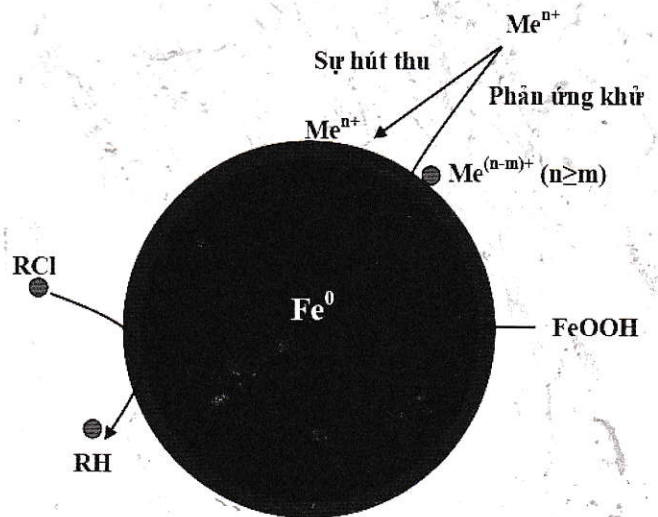
nhều sự quan tâm với những ưu điểm như: Xử lý tốt nguồn thải có nhiều tạp chất khó xử lý, diện tích công trình xử lý nhỏ, dễ dàng trong vận hành và quản lý sử dụng. Hiện nay trên thế giới phổ biến hai xu hướng vật liệu nano chính, đó là: màng lọc nano và chất xúc tác nano.

Đối với nước thải hàm lượng kim loại nặng cao (Fe, Mn, Cu, Pb,...), hiện nay trên thế giới phổ biến với hai dạng vật liệu xử lý chính: vật liệu hấp phụ (kim loại hóa trị không và hợp kim của nó ở dạng hóa trị không) và màng lọc nano.

Hiện tại, màng lọc nano được ứng dụng tương đối rộng rãi trong xử lý nước thải công nghệ, nước thải sinh hoạt và nước sinh hoạt. Tuy nhiên với các trạm xử lý quy mô lớn, chi phí đầu tư ban đầu là tương đối lớn, do công nghệ lọc bằng màng đòi hỏi khả năng kiểm soát chặt chẽ, khả năng tự động hóa cao, chi phí đầu tư màng lọc lớn.

Ngoài ra, chi phí vận hành là vấn đề cần cân nhắc khi sử dụng công nghệ này, do chi phí thay thế lớn, thời gian thay thế hệ thống màng lọc cũng phức tạp rất nhiều vào tính chất ô nhiễm của nguồn thải.

Đối với loại vật liệu hấp phụ được ứng dụng ngày nay, có thể kể đến vật liệu nano sắt hóa trị không (NZVI - Nano-Zero Valent Iron). Sắt hoá trị không là sắt ở dạng kim loại nguyên tố. Các hạt nano của sắt hoá trị không có khả năng khử các phân tử hữu cơ có hại, khử trùng và loại bỏ kim loại nặng trong nước.



H.3. Mô hình cấu tạo hạt Sắt nano và các phản ứng khử xảy ra trên bề mặt của hạt Fe<sup>0</sup> nano

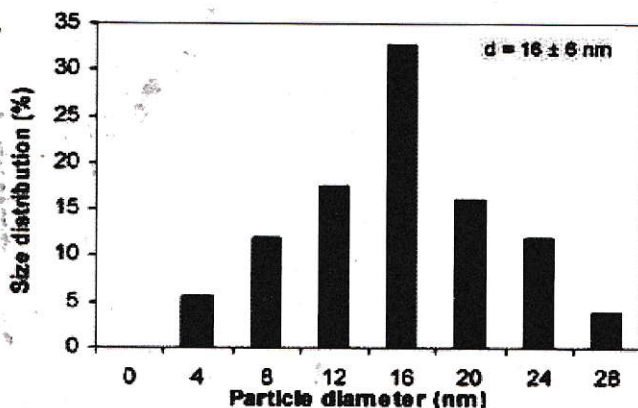
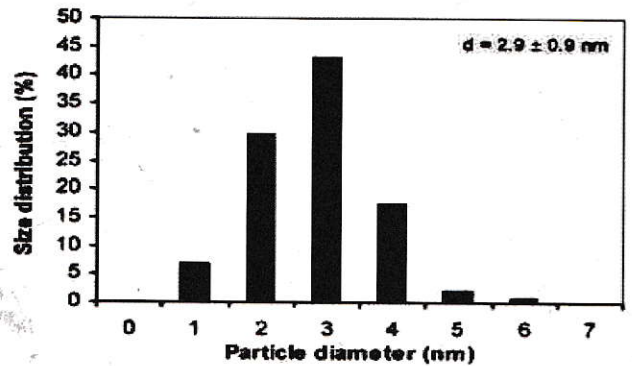
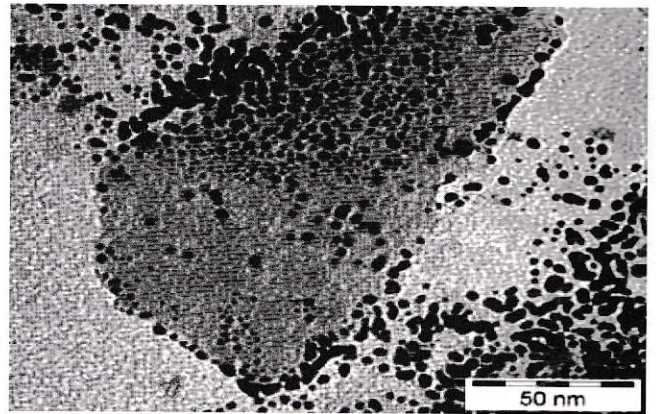
Chế phẩm tổ hợp nano kim loại hóa trị 0 trên nền vật liệu nano sắt (NZVI) với kích thước nanomet thì các hiệu ứng có liên quan đến bề mặt (hiệu ứng bề mặt) sẽ trở nên quan trọng làm cho



tính chất của vật liệu có kích thước nanomet khác biệt so với vật liệu ở dạng khối. Khi kích thước của vật chất trở nên nhỏ hơn tới kích thước nanomet, các điện tử không còn di chuyển trong chất dẫn điện mà biểu hiện ra ở dạng "sóng". Kích thước nhỏ dẫn đến những hiện tượng lượng tử mới và tạo cho vật chất có thêm những đặc tính mới làm biến đổi các chất độc hại trong nước thải được chuyển thành các chất ít độc hơn và tách ra khỏi nước.

Bảng 1. Thành phần định lượng của chế phẩm tổ hợp nano kim loại hóa trị 0 trên nền vật liệu nano sắt (NZVI)

No	Thông số	Đơn vị	Tổ hợp nano sắt (NZVI)
1	Sắt	mg/l	8.060,93
2	Nhôm	mg/l	229,55
3	Canxi	mg/l	7.205,63
4	Magie	mg/l	518,57
5	Silic	mg/l	55.654,67
6	Mangan	mg/l	99.375,00
7	Kẽm	mg/l	312,90
8	Kali	mg/l	874,37
9	Natri	mg/l	1.895,63



H.4. Hình ảnh và phân bố nano sắt theo cỡ hạt (%)

H.5. Ảnh TEM và phân bố nano sắt theo cỡ hạt (%)

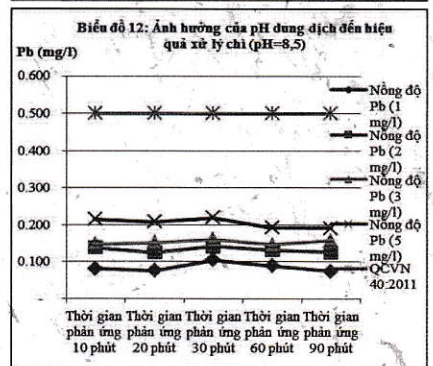
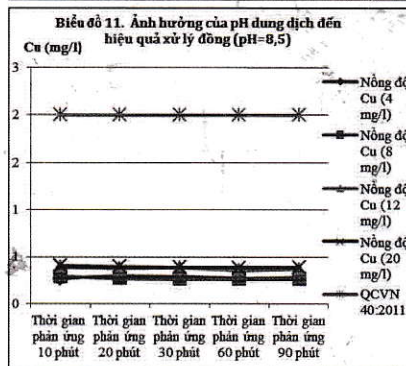
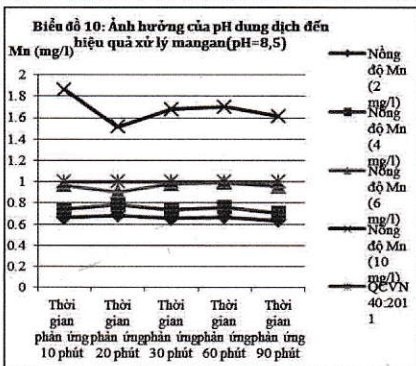
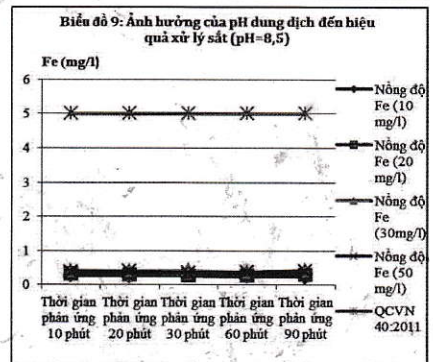
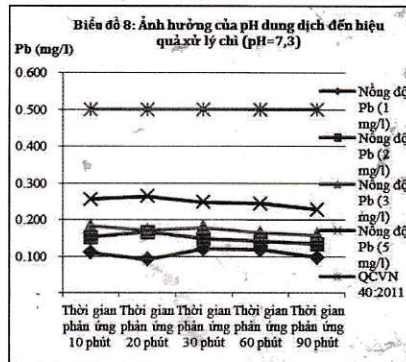
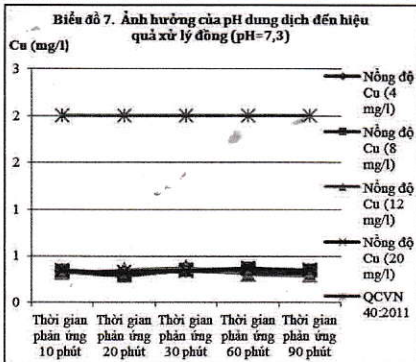
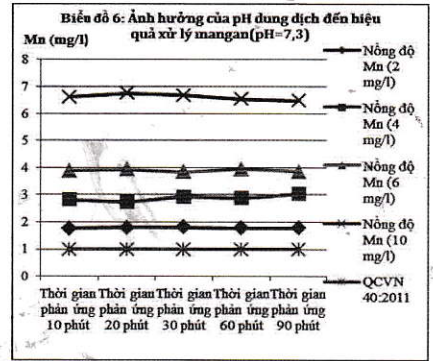
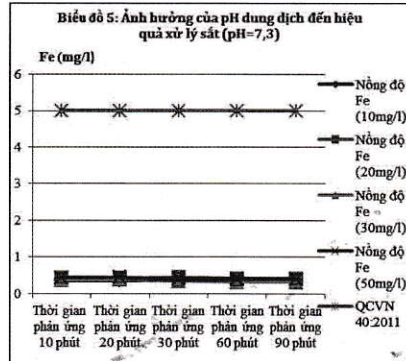
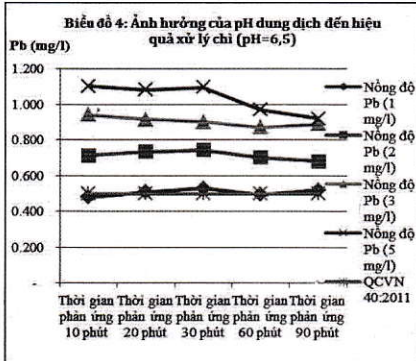
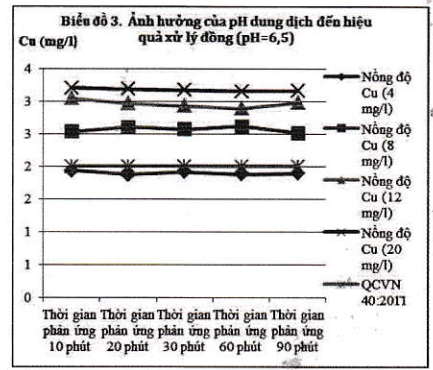
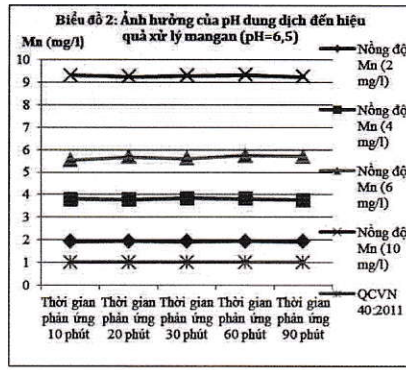
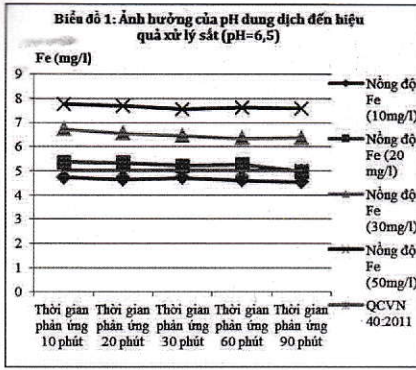
Công dụng của chế phẩm nano kim loại hóa trị 0 trên nền vật liệu nano sắt (NZVI):

- > Hạn chế tối đa mùi hôi: công nghệ sử dụng vật liệu NZVI có khả năng khử mùi cao;
- > Xử lý dễ dàng rất nhiều chất ô nhiễm độc hại: Xử lý nước bị ô nhiễm BOD, COD, Ni tơ, Phốt pho, các kim loại nặng như: Chì, Asen, Crom,...;
- > Không chịu ảnh hưởng của môi trường: vật liệu NZVI không bị ảnh hưởng bởi các yêu cầu sinh học về chất dinh dưỡng, nhiệt độ phù hợp và axit thấp. Cũng nhờ kích thước nhỏ hơn 10÷1000 lần so với hầu hết các loại vi khuẩn, các tinh thể sắt có thể di chuyển dễ dàng giữa các hạt đất, không bị kẹt lại;
- > Thời gian lưu động nước nhanh: không mất thời gian nuôi cấy vi sinh vật, vật liệu NZVI sẽ phản ứng trực tiếp với các chất độc hại tạo thành chất không độc.

3. Kết quả nghiên cứu ứng dụng chế phẩm chế phẩm nano kim loại hóa trị 0 trên nền vật liệu nano sắt (NZVI) trong xử lý nước thải có hàm lượng kim loại nặng cao

Kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của pH và thời gian phản ứng đến hiệu quả xử lý Fe, Mn, Cu, Pb bằng tổ hợp nano kim loại hóa trị 0 trên nền vật liệu nano sắt (NZVI) được trình bày tại các biểu đồ 1÷12 (H.6).





**H.6. Kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của pH và thời gian phản ứng đến hiệu quả xử lý Fe, Mn, Cu, Pb bằng tổ hợp nano kim loại hóa trị 0 trên nền vật liệu nano sắt (NZVI)**

Kết quả nghiên cứu cho thấy với hàm lượng nano kim loại hóa trị 0 trên nền vật liệu nano sắt (NZVI) 0,01 ml/lít nước thải khả năng xử lý các kim loại nặng có trong nước thải như sau:

➢ Khi pH=6,5, hiệu suất xử lý các kim loại Fe, Cu, Pb đạt khoảng 47÷78 %. Với hàm lượng các

kim loại gấp 2 lần tiêu chuẩn cho phép, sau khi qua quá trình xử lý, lượng kim loại còn lại trong nước gần ngưỡng tiêu chuẩn cho phép QCVN 40:2011-BTNMT (B). Tuy nhiên khi tăng hàm lượng kim loại trong nước lên gấp 4, 6, 10 lần QCVN, mặc dù hiệu suất xử lý tăng, nhưng lượng kim loại còn lại



trong nước đều vượt QCVN. Đối với Mn, ở pH=6,5 khả năng xử lý là không đáng kể, hàm lượng Mn còn lại trong nước gần với lượng Mn ban đầu;

➢ Khi pH=7,3 khả năng xử lý các kim loại Fe, Cu, Pb với các hàm lượng gấp 2,4,6,10 lần QCVN khá tốt, hiệu suất xử lý đạt trên 90 %, hàm lượng kim loại nặng còn lại trong nước thấp hơn nhiều QCVN 40:2011-BTNMT (B). Tuy nhiên, đối với Mn, với các mẫu thí nghiệm, hiệu suất xử lý Mn đạt 12÷36 %, hàm lượng Mn còn lại trong nước không đạt QCVN;

➢ Khi pH=8,5 khả năng xử lý các kim loại Fe, Cu, Pb với các hàm lượng gấp 2,4,6,10 lần QCVN tương tự như khi pH=7,3 hiệu suất xử lý đạt trên 90 %. Đối với mangan, hiệu suất xử lý đạt từ 66÷85 %. Với các hàm lượng ban đầu Mn là 2÷6 mg/l, lượng Mn sau xử lý còn lại trong nước đạt QCVN 40:2011-BTNMT (B). Tuy nhiên, khi Mn=10 mg/l, lượng Mn sau xử lý còn lại trong nước dao động từ 1,5÷1,8 mg/l vượt QCVN;

➢ Tất cả các mẫu thí nghiệm được chọn thời gian phản ứng lần lượt là 10, 20,30,60,90 phút. Theo kết quả phân tích, thời gian phản ứng tối ưu khoảng 10 phút, với các thời gian phản ứng dài

hơn, lượng kim loại nặng còn lại trong nước tương tự thời gian phản ứng 10 phút;

➢ Tất cả các mẫu thí nghiệm được thử mức tiêu hao nano kim loại hóa trị 0 trên nền vật liệu nano sắt (NZVI) lần lượt là 0,005 ml; 0,01 ml; 0,015 ml; 0,02 ml/lít nước thải. Theo kết quả thí nghiệm, hàm lượng nano sắt tối ưu cần để xử lý nước thải có hàm lượng kim loại nặng cao là 0,01 ml/l nước thải.

Qua quá trình thí nghiệm trong phòng thí nghiệm với các các mẫu đơn lẻ (gồm các thông số Fe, Mn, Pb, Cu), chúng tôi đã xác định được các thông số tối ưu sau trong quá trình xử lý nước thải có hàm lượng kim loại nặng cao:

➢ pH để phản ứng xảy ra tối ưu là 7÷7,5;

➢ Thời gian tối ưu để phản ứng xảy ra khoảng 10 phút;

➢ Lượng nano sắt tối ưu cần sử dụng để xử lý nước thải có hàm lượng kim loại nặng cao là 0,01 ml/l nước thải.

Với các thông số như trên, chúng tôi tiến hành thử nghiệm với các mẫu tổng hợp các chỉ tiêu kim loại nặng (Fe, Mn, Cu, Pb) và mẫu nước thải thực tế tại các mỏ khai thác và chế biến than-khoáng sản như (Bảng 2).

Bảng 2. Thông số đầu vào các mẫu nước thải tại một số đơn vị khai thác than và chế biến-khoáng sản

No	Thông số	Đơn vị	CL +200 V12 TKII Hồng Thái	Cửa hào +40 Đèo Nai	Công ty KLM Thái Nguyên		Mẫu thí nghiệm tổ hợp	QCVN (B) 40:2011/ BTNMT
					Nước thải khu vực sản xuất axit	Nước thải khu vực điện phân		
1	pH	-	4,8	5,5	3	2	3	5,5÷9
2	Fe	mg/l	67,625	12,561	225,155	140,174	50,085	5
3	Mn	mg/l	21,465	2,552	23,964	5,569	10,117	1
4	Pb	mg/l	0,0057	0,0044	4,278	3,558	4,891	0,5
5	Cu	mg/l	0,520	0,429	1,351	19,159	19,851	2

Nguồn: Mẫu phân tích tại phòng thí nghiệm môi trường - Viện KHCN Mỏ, ngày 2÷10/11/2016

Bảng 3. Kết quả thí nghiệm với các mẫu thực tế khi sử dụng nano sắt để xử lý nước thải có hàm lượng kim loại nặng cao

No	Thông số	Đơn vị	CL +200 V12 TKII Hồng Thái	Cửa hào +40 Đèo Nai	Công ty KLM Thái Nguyên		Mẫu thí nghiệm tổ hợp	QCVN (B) 40:2011/ BTNMT
					Nước thải khu vực sản xuất axit	Nước thải khu vực điện phân		
1	pH	-	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	5,5÷9
2	Fe	mg/l	0,615	0,425	0,738	0,552	0,451	5
3	Mn	mg/l	5,272	0,634	6,185	0,836	1,627	1
4	Pb	mg/l	-	-	0,142	0,128	0,112	0,5
5	Cu	mg/l	0,132	0,168	0,216	0,391	0,385	2

Nguồn: Mẫu phân tích tại phòng thí nghiệm môi trường - Viện KHCN Mỏ, ngày 14÷15/11/2016

Kết quả thí nghiệm trình bày trên Bảng 3. So sánh Bảng 3 và Bảng 2 cho thấy: khi sử dụng tổ hợp nano sắt hóa trị 0 (NZVI) với pH trung tính (7÷7,5), phù hợp để xử lý các kim loại nặng Fe, Cu,

Pb. Các kim loại này sau khi được xử lý với hiệu suất khá cao (>90 %) và đạt QCVN 40:2011-BTNMT (B). Đối với mangan, với pH=7,3 hiệu suất xử lý đạt khoảng 40 %, hàm lượng mangan còn lại



vượt QCVN. Để xử lý triệt để mangan trong nước thải, tiếp tục tiến hành thử nghiệm với pH=8,5 với

mẫu tổ hợp Fe, Mn, Cu, Pb, lượng Mn lần lượt là 2;4;6;10 mg/l. Kết quả thí nghiệm trình bày ở Bảng 4.

**Bảng 4. Kết quả thí nghiệm với mẫu tổ hợp khi sử dụng nano sắt để xử lý nước thải có hàm lượng kim loại nặng cao**

No	Thông số	Đơn vị	Fe (50 mg/l), Cu (20 mg/l), Pb (5 mg/l)					QCVN (B) 40:2011/ BTNMT
			Mn (2 mg/l)	Mn (4 mg/l)	Mn (6 mg/l)	Mn (8 mg/l)	Mn (10 mg/l)	
1	pH	-	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	5,5÷9
2	Fe	mg/l	0,415	0,413	0,420	0,425	0,408	5
3	Mn	mg/l	0,615	0,682	0,785	1,038	1,502	1
4	Pb	mg/l	0,185	0,192	0,178	0,194	0,205	0,5
5	Cu	mg/l	0,382	0,375	0,391	0,395	0,386	2

Nguồn: Mẫu phân tích tại phòng thí nghiệm môi trường - Viện KHCN Mỏ, ngày 16÷17/11/2016

Khi nâng pH lên 8,5 đối với những mẫu có Mn <6 mg/l, lượng Mn còn lại sau xử lý đạt QCVN, tuy nhiên khi lượng Mn trong nước thải lớn, sau xử lý Mn còn lại trong nước không đạt QCVN để thải ra môi trường. Do đó trong quy trình xử lý nước thải có hàm lượng kim loại nặng cao, có 2 phương án đặt ra để xử lý triệt để mangan đó là:

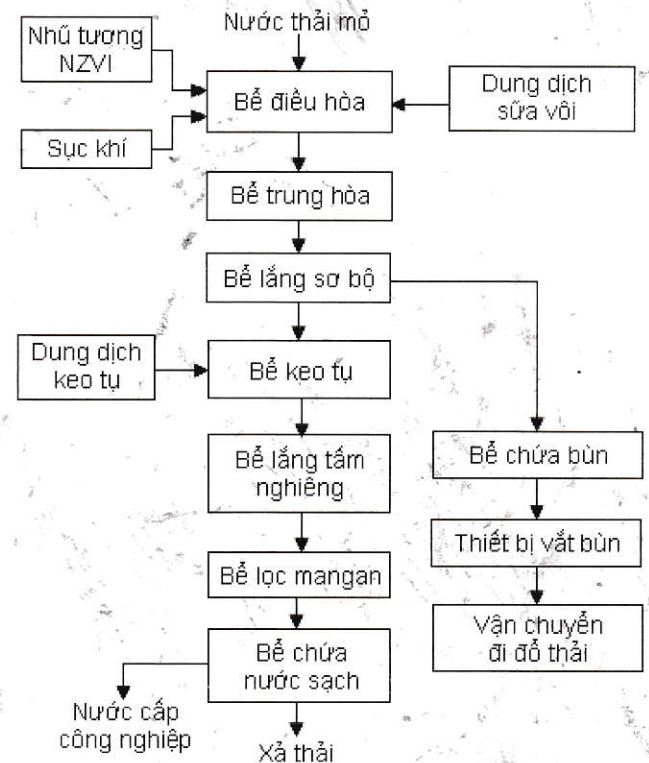
> Nâng pH lên 11÷12 như các hệ thống xử lý hiện tại, khi đó công nghệ sẽ phức tạp và tiêu tốn hóa chất;

> Sử dụng nano sắt hóa trị 0, nếu lượng mangan đầu vào nhỏ hơn 5÷6 mg/l định lượng pH của nước thải từ 7÷7,5. Nếu mangan đầu vào >6, định lượng pH của nước thải đến 8,5 sau quá trình lý bước 1, toàn bộ nước thải sẽ được dẫn qua bể lọc bằng cát mangan oxit để lọc giữ lại mangan cũng như lượng cặn còn lại, nước thải đầu ra đạt QCVN 40:2011-BTNMT(công đoạn lọc bằng cát mangan oxit tương tự như quy trình công nghệ xử lý nước thải của nhóm 3 đang áp dụng trong TKV).

**4. Đề xuất sơ đồ công nghệ xử lý nước thải mỏ có hàm lượng kim loại nặng cao**

Quá trình nghiên cứu thử nghiệm chế phẩm tổ hợp nano kim loại hóa trị 0 trên nền vật liệu nano sắt (NZVI) để xử lý nước thải từ hoạt động chế biến khoáng sản có hàm lượng kim loại nặng cao (Fe, Mn, Cu, Pb) cho thấy: Chế phẩm nano sắt (NZVI) xử lý được nước thải của các nhà máy kim loại màu như kẽm, thiếc, đồng với hàm lượng các kim loại nặng Fe, Cu, Mn, Pb cao, lượng nước thải cần xử lý khoảng 1000÷1500 m<sup>3</sup>/ngày đêm. Chế phẩm này sẽ xử lý hiệu quả các kim loại nặng, phù hợp với công nghệ hiện có, và giảm thiểu chi phí hóa chất so với hiện tại. Chúng tôi đề xuất cải tiến sơ đồ công nghệ để xử lý nước thải mỏ có hàm lượng kim loại nặng Fe, Cu, Pb, Mn cao tại các

nhà máy kim loại màu hiện có như H.7.



**H.7. Sơ đồ công nghệ xử lý nước thải mỏ có hàm lượng kim loại nặng cao**

Khi áp dụng chế phẩm nano sắt cho hệ thống xử lý nước thải của các nhà máy kim loại màu như kẽm, thiếc, đồng với hàm lượng các kim loại nặng Fe, Cu, Mn, Pb cao trong ngành khai thác than- khoáng sản, công nghệ xử lý tương tự như nhóm 3 (trung hòa bằng sữa vôi → Keo tụ → Lắng (lắng lamella) → Lọc Mangan bằng bể lọc trọng lực) có bổ sung chế phẩm nano sắt. Do đó, chi phí vận hành để xử lý 1 m<sup>3</sup> nước thải ước tính khoảng (2800÷4000 đồng/m<sup>3</sup> nước thải).



## 5. Kết luận

Quá trình nghiên cứu ứng dụng chế phẩm nano sắt để xử lý nước thải có hàm lượng kim loại nặng cao đã xác định được tính khả thi của việc ứng dụng các chế phẩm nano sắt để xử lý nguồn nước thải có hàm lượng kim loại nặng cao trong ngành khai thác than-khoáng sản, góp phần xử lý triệt để các kim loại nặng trong nước thải trước khi thải ra môi trường. Chế phẩm nano sắt (NZVI) phù hợp để xử lý nước thải của các nhà máy kim loại màu như kẽm, thiếc, đồng với hàm lượng các kim loại nặng Fe, Cu, Mn, Pb cao, lượng nước thải cần xử lý khoảng 1000 ±1500 m<sup>3</sup>/ngày đêm.

Việc ứng dụng chế phẩm nano sắt trong xử lý nước thải của các nhà máy chế biến khoáng sản trong ngành than-khoáng sản sẽ xử lý hiệu quả các kim loại nặng, giảm thiểu chi phí hóa chất và vận hành đơn giản hơn so với hiện tại. □

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Aredes S, Klein B, Pawlik M. The removal of arsenic from water using natural iron oxide minerals. *Journal of Cleaner Production*. 2012, (29-30):208-213.
2. Báo cáo quan trắc môi trường các mỏ than vùng Quảng Ninh, Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin, 2012-2015.
3. Đề tài "Xây dựng định mức kinh tế kỹ thuật vận hành các trạm xử lý nước thải mỏ than". Công ty CP Tin học, Công nghệ, Môi trường-Vinacomin. 2016.
4. Nguyễn Thị Nhung, Nguyễn Thị Kim Thương. Nghiên cứu khả năng tách loại Pb<sup>2+</sup> trong nước bằng nano sắt kim loại. *Tạp chí Khoa học ĐHQGHN - Khoa học Tự nhiên và Công nghệ*. 2008, (24):305-309.
5. Phạm Thị Thùy Dương, Nghiên cứu ứng dụng sắt nano xử lý nước ô nhiễm crôm và chì. *Luận văn thạc sĩ khoa học, Trường Đại học Khoa học tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội*, 2012.
6. Thiệu Quốc Hân thuộc và nnk. Xử lý nước thải áp dụng công nghệ sử dụng tổ hợp nano kim loại hóa trị 0 (nhũ tương NZVI). *Viện Khoa học và Công nghệ quân sự*. 2013.

**Ngày nhận bài:** 19/05/2017

**Ngày gửi phản biện:** 16/8/2017

**Ngày nhận phản biện:** 20/11/2017

**Ngày chấp nhận đăng bài:** 05/01/2018

**Từ khóa:** vật liệu mới; vật liệu nano sắt; xử lý nước thải; kim loại nặng; tiêu tốn hóa chất

## SUMMARY

The study of the application of new materials (iron nanomaterials) in mining wastewater treatment is necessary. The results of application of iron nanomaterials showed that the treatment of heavy metals such as Fe, Cu, Pb, Mn in waste water is relatively good. The content of heavy metals after treatment is much lower than QCVN 40:2011-BTNMT. Research on the application of iron nanomaterials will contribute to minimize chemical wastes, simplify the operation of the treatment system, save initial investment costs and the costs of operating the mine wastewater treatment system.

## TÍNH TOÁN VÀ XÁC ĐỊNH...

(Tiếp theo trang 24)

7. Boglietti, A., Cavagnino, A., Pastorelli, M., Staton, D.A., Vagati, A. Thermal Analysis of Induction and Synchronous Reluctance Machines. IEMDC 2005, San Antonio, USA, May 2005.

**Ngày nhận bài:** 25/07/2017

**Ngày gửi phản biện:** 16/8/2017

**Ngày nhận phản biện:** 26/11/2017

**Ngày chấp nhận đăng bài:** 05/01/2018

**Từ khóa:** động cơ không đồng bộ; tài liệu thiết kế động cơ; thông số mạch nhiệt của động cơ; phần mềm Motor-Cad

## SUMMARY

The paper presents the results of inovative thermal model for Induction motor and Line start permanent magnet motor by FEM analytical, simulation and experimental method. The input parameters of induction motor in this model are geometry parameters and working conditions. The Motor-CAD was used to calculate temperature distribution. An experimental and test hardware has applied for IM 11kW-1500 rpm. The simulation method is also for three phase-small power asynchronous and Line start permanent magnet motor.