



# XỬ LÝ NƯỚC THẢI MỎ VÙNG THAN QUẢNG NINH

Trần Miên

Công ty Cổ phần Tin học, Công nghệ, Môi trường – Vinacomín

Email: mient.tkv@gmail.com

## TÓM TẮT

Vùng than Quảng Ninh nằm ở vùng Đông Bắc Việt Nam là nguồn cung cấp than cho nền kinh tế quốc dân và xuất khẩu. Hàng năm, hoạt động khai thác than tại Quảng Ninh thải ra môi trường khoảng 130 triệu m<sup>3</sup> nước thải mỏ. Suốt trong một giai đoạn, khi bảo vệ môi trường chưa được quan tâm đúng mức, môi trường cảnh quan và sinh thái vùng than Quảng Ninh, cuộc sống và sức khỏe của thợ mỏ và cộng đồng dân cư bị ảnh hưởng, trong đó thành phần môi trường bị tác động nặng nhất là môi trường nước, bao gồm nước mặt, nước ngầm, nước biển ven bờ. Sau 25 năm kiên trì và bền bỉ (1995 – 2020), Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam (TKV) đã thành công trong xử lý nước thải mỏ, góp phần làm thay đổi sinh thái vùng than Quảng Ninh và đang tạo ra một nguồn tài nguyên nước sạch có giá trị lâu dài, tin cậy và bền vững. Một yếu tố quan trọng góp phần vào thành công của TKV trong lĩnh vực xử lý nước thải mỏ vùng than Quảng Ninh là nghiên cứu và ứng dụng khoa học, kỹ thuật, công nghệ môi trường, một lĩnh vực hết sức mới mẻ đối với TKV vào thời kỳ đó.

Bài viết giới thiệu những giải pháp khoa học, kỹ thuật, công nghệ đã được ứng dụng trong lĩnh vực xử lý nước thải mỏ nhằm phổ biến và đánh giá kết quả xử lý nước thải mỏ sau quá trình hơn 25 năm của TKV, trao đổi để xác định định hướng tiếp theo, góp phần cho ứng phó với biến đổi khí hậu và thực hiện chiến lược chuyển từ “nền kinh tế nâu” sang “kinh tế xanh” của tỉnh Quảng Ninh.

**Từ khóa:** vùng than Quảng Ninh, TKV, môi trường mỏ than, xử lý nước thải mỏ, phương pháp xử lý chủ động, phương pháp xử lý thụ động, đảm bảo nhân tạo

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Đặc điểm lớn nhất của vùng than Quảng Ninh là nằm sát ngay vịnh Hạ Long, hai lần được UNESCO công nhận là Di sản thế giới và mới đây được công nhận là Kỳ quan thiên nhiên mới.

Khai thác than là ngành công nghiệp cung cấp nguồn nhiên liệu rắn cho nền kinh tế quốc dân và xuất khẩu, đóng vai trò quan trọng đối với sự phát triển của tỉnh Quảng Ninh, tuy nhiên khai thác than cũng gây ra những tác động lớn đến môi trường sống, môi trường sinh thái đối với các nguồn nước mặt (nước mặt và nước biển ven bờ) [Sở TNMT Quảng Ninh, 2014]; bồi lấp sông suối do đất đá thải mỏ; sụt lún bề mặt và trượt lở bãi thải đe dọa an toàn cho các khu dân cư và công trình hạ tầng xung quanh bãi thải; sinh thái và cảnh quan bị phá hủy.

Có hai nguyên nhân chính dẫn đến tình trạng môi trường vùng than Quảng Ninh bị tác động nặng nề, đó là do không có các quy định pháp luật và chế tài bảo vệ môi trường một thời kỳ rất dài, từ trước năm 1994, năm công bố Luật Bảo vệ môi trường đầu tiên của Việt Nam và sự hạn chế về nguồn lực tài chính cũng như nguồn nhân lực dành cho bảo

vệ môi trường.

1. Nước thải mỏ là một trong những vấn đề môi trường chính của ngành than. Nước thải mỏ than bao gồm nước mặt và nước dưới đất chảy vào mỏ, tiếp xúc với các vỉa than và thiết bị khai thác mỏ và được bơm thoát khỏi mỏ [Kroll et al., 2002]. Ngoài ra, còn có các nguồn nước bị ô nhiễm khác trong quá trình khai thác và sản xuất than như nước thải từ các phân xưởng cơ khí, sửa chữa hoặc sàng tuyển, chế biến than và các nguồn nước bị nhiễm bẩn trên bề mặt. Tại vùng than Quảng Ninh, khối lượng nước thải từ các công đoạn khai thác than dao động từ 1,9 đến 2,1 m<sup>3</sup>/ tấn than nguyên khai [VITE, 2014], tổng lượng nước thải do hoạt động khai thác và chế biến than chiếm 73% tổng lượng nước thải công nghiệp [Sở TNMT Quảng Ninh, 2014].

Trong một thời gian dài, nước thải mỏ than đã gây tác động bồi lấp sông, suối, hồ chứa nước; axit hóa các hồ thủy lợi tại huyện Đông Triều là nguồn cung cấp nước cho sản xuất nông nghiệp; ảnh hưởng đến chất lượng các nguồn nước mặt dùng cấp nước sinh hoạt.



**Bảng 1. Giá trị trung bình và giới hạn của các thông số ô nhiễm trong nước thải mỏ than Quảng Ninh**

Thông số	pH	SS (mg/L)	Fe (mg/L)	Mn (mg/L)	Hg (mg/L)	As (mg/L)	Pb (mg/L)	Cd (mg/L)
Giá trị đo	2,6-6,8	70-1.714	2,3-247,4	0,85-24,6	0,0005	0,0005	0,0019	0,0033
QCVN40/2011 /BTNMT	5,5-9 (6-9)	50 (100)	1 (5)	0,5 (1)	0,005 (0,01)	0,05 (0,1)	0,1 (0,5)	0,05 (0,1)
QCĐP 3:2020/QN	5,5-9 (6-9)	50 (100)	1 (5)	0,5 (1)	0,005 (0,10)	0,05 (0,1)	0,1 (0,5)	0,05 (0,1)

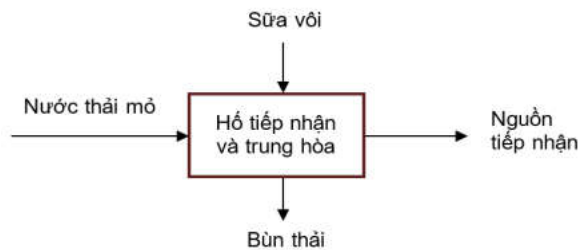
(Nguồn: Tổng hợp)

Ghi chú: Số không có dấu ngoặc là giá trị theo cột A, số trong ngoặc là giá trị theo cột B của các quy chuẩn.

Theo Kurtz S. (2009), Bilek F. et al.(2011) và kết quả quan trắc trong nhiều năm do Công ty Cổ phần Tin học, Công nghệ, Môi trường – Vinacomin (VITE) thực hiện cho thấy, đặc tính chung của nước mỏ tại vùng than Quảng Ninh có tính axit, chất rắn lơ lửng (TSS) mà thành phần chủ yếu là bùn than, sắt (Fe) và Mangan (Mn) dưới dạng hydroxit hoặc sulphat. Các thông số TSS, Fe, Mn thường vượt tiêu chuẩn cho phép nhiều lần. Hàm lượng các kim loại nặng (As, Pb, Hg, Cd) đều thấp hơn giới hạn cho phép (xem Bảng 1).

Mục tiêu xử lý nước thải mỏ cần đạt được là trung hòa nguồn nước sau xử lý, tách và loại bỏ các chất ô nhiễm gồm TSS, Fe và Mn và xử lý bùn thải.

Giai đoạn trước năm 2009, nước thải mỏ thường được xử lý bằng phương pháp đơn giản (Hình H.1) với mục đích giảm độ axit và lắng bùn than, các thông số Fe và Mn không được quan tâm xử lý. Để trung hòa axit, tác nhân được sử dụng thông dụng là vôi tôi dạng bột. Trong quá trình lưu chuyển nước thải trong mương rãnh, một phần Fe<sup>+2</sup> sẽ được chuyển thành Fe<sup>+3</sup> dưới tác dụng của ánh nắng mặt trời và tạo kết tủa trong các mương rãnh và hồ lắng.



### H.1. Quy trình công nghệ xử lý nước thải mỏ than giai đoạn trước năm 2009

Công nghệ xử lý nước thải mỏ giai đoạn này không xử lý được triệt để các thành phần ô nhiễm,

chất lượng nước sau xử lý không được giám sát theo tiêu chuẩn, do vậy kết quả đạt được chỉ là giảm độ axit, không xử lý được triệt để kim loại, nhất là Mn, do vậy chất lượng các nguồn nước tiếp nhận không được cải thiện nhiều.

Sau khi Luật Bảo vệ môi trường ra đời, các tiêu chuẩn về nước thải công nghiệp dần được công bố. Chất lượng nước thải mỏ than sau xử lý cần phải đáp ứng tiêu chuẩn theo QCVN 40/2011/ BTNMT và từ năm 2020 có thêm các quy chuẩn địa phương của tỉnh Quảng Ninh về chất lượng nước (QCĐP1:2020/QN, QCĐP2:2020/QN và QCĐP3:2020/QN). Nhiệm vụ đặt ra là cần nghiên cứu các giải pháp công nghệ để đáp ứng tiêu chuẩn nước thải mỏ sau xử lý theo mục đích sử dụng và chất lượng yêu cầu của các nguồn tiếp nhận.

## 2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

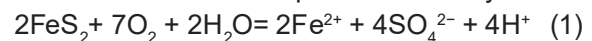
Có hai phương pháp xử lý nước thải mỏ đã được tiến hành nghiên cứu, thử nghiệm và ứng dụng là phương pháp chủ động (sử dụng hóa chất và thiết bị) và phương pháp thụ động (sử dụng vi sinh và thực vật, không sử dụng hóa chất và thiết bị).

### 2.1. Phương pháp xử lý chủ động

Các công đoạn công nghệ chính theo phương pháp xử lý chủ động bao gồm: trung hòa (phản ứng), keo tụ, lắng, khử Mangan và xử lý bùn thải.

#### 1. Công đoạn trung hòa (phản ứng)

Axit trong nước mỏ than được hình thành từ phản ứng của các hợp chất chứa lưu huỳnh trong than tiếp xúc với ô xy trong không khí sau khi được khai thác ra khỏi vỉa theo quá trình sau đây:



Gốc H<sup>+</sup> sẽ tạo nên tính axit đặc trưng trong nước thải mỏ. Hai loại hóa chất để trung hòa tính axit

**Bảng 2. So sánh hiệu quả sử dụng vôi bột và xút cho xử lý nước thải mỏ than**

Thông số	Vôi bột	Xút
Giá thành và tính sẵn có	Rẻ và có sẵn.	Đắt hơn và cần đặt hàng.
Sử dụng	Dễ pha chế, điều chỉnh; không nguy hiểm.	Khó điều chỉnh thủ công; độc hại và nguy hiểm.
Hiệu quả sử dụng	Thời gian phản ứng chậm làm tăng kích thước bể trung hòa; tạo cặn lắng.	Quy mô bể trung hòa nhỏ hơn; không tạo cặn lắng.
Phạm vi ứng dụng	Không hạn chế quy mô công suất xử lý.	Quy mô công suất nhỏ ( $\leq 200 \text{ m}^3/\text{h}$ ); thiết bị dạng hợp khối.

của nước thải mỏ là vôi bột dạng khô CaO hoặc pha thành dung dịch Ca(OH)<sub>2</sub> dạng sữa vôi và xút NaOH nhưng vôi bột được sử dụng thông dụng hơn do có những lợi thế khi sử dụng (xem Bảng 2).

Vôi bột có thể được cấp trực tiếp vào bể trung hòa hoặc gián tiếp qua bơm từ tháp chứa vôi để tạo thành dung dịch vôi (sữa vôi) Ca(OH)<sub>2</sub>. Việc điều chỉnh lượng vôi cho quá trình trung hòa để đạt mức pH quy định rất quan trọng và ảnh hưởng tới hiệu quả quá trình oxy hoá các kim loại Fe và Mn cũng như quá trình keo tụ và lắng sau đó. Việc cấp vôi qua tháp sẽ giúp cơ giới hóa khâu cấp vôi, điều chỉnh lượng vôi chuẩn xác, tuy nhiên bơm định lượng hay gặp sự cố do dính vôi và bị ăn mòn.

Hình dạng và kích thước bể trung hòa có ảnh hưởng lớn đến hiệu quả trung hòa. Các bể trung hòa có dạng hình chữ nhật sẽ có hiệu quả kém hơn các bể có dạng hình tròn do thiết bị trộn khuấy dung dịch sữa vôi không thể hòa trộn đều dung dịch sữa vôi được cấp vào bể ở vị trí các góc cạnh. Việc cấp sữa vôi ở các bể trung hòa dạng hình chữ nhật thường được thực hiện ở mép bể. Cấp sữa vôi tại vị trí trung tâm bể sẽ có hiệu quả hơn cho quá trình hòa trộn.

Thời gian phản ứng trung hòa bằng sữa vôi tại các trạm xử lý nước thải mỏ than Quảng Ninh thường dao động từ 8 đến 20 min, được thí nghiệm cụ thể cho từng trạm. Để tăng hiệu quả phản ứng đối với những trạm xử lý nước thải có thể tích bể trung hòa nhỏ, đã thực hiện biện pháp hòa trộn sữa vôi trực tiếp trên đường ống cấp nước vào trạm.

Việc sục khí và nâng cao độ pH trong bể phản ứng là các bước cần thiết để kết tủa sắt và các ion kim loại khác.

### 2. Công đoạn keo tụ

Keo tụ là quá trình tạo bông cặn nhằm tăng độ lớn của cặn trước khi đưa nước thải sang khâu lắng, nhờ đó làm tăng tốc độ lắng của cặn.

Tại hầu hết các trạm xử lý nước thải mỏ vùng than Quảng Ninh, keo tụ được sử dụng là PAC (poly aluminium chloride) có công thức hóa học  $[Al_2(OH)_nCl_{6-n}]_m$ , là một loại phèn nhôm có khả năng keo tụ các cặn bẩn trong nước hiệu quả nhưng không làm tổn hại đến môi trường. Hóa chất này cũng được sử dụng trong xử lý nước thải các nhà máy tuyển than. Chất trợ lắng thường được sử dụng là PAM (C<sub>3</sub>H<sub>5</sub>N- polyacrylamide).

Chi phí hóa chất trong khâu keo tụ dao động từ 0,005 ÷ 0,01 kg /m<sup>3</sup> đối với PAC và từ 0,0005 ÷ 0,001kg/m<sup>3</sup> đối với PAM. PAC và PAM được cấp vào bể keo tụ thông qua hệ thống bơm định lượng nhưng hệ thống thiết bị này rất nhanh hỏng và đã được thay thế bằng van xả thủ công, dẫn đến những hạn chế về hiệu quả keo tụ. Trường hợp lượng keo tụ không đủ, nước sau công đoạn bể lắng vẫn còn chứa bông cặn. Trường hợp lượng keo tụ quá mức, bông cặn bị vỡ ngay trong ngăn khuấy keo tụ.

Hiệu quả keo tụ đã được cải thiện bằng cách bổ sung bể khuấy chậm được bố trí giữa bể keo tụ và bể lắng. Quá trình khuấy trộn chậm làm giảm tốc độ dòng chảy nước sau bể keo tụ, ổn định bông cặn, tăng khả năng tiếp xúc để dính kết các bông cặn tốt hơn và tránh hiện tượng phá vỡ bông hình thành.

### 3. Công đoạn lắng

Lắng là công đoạn trọng tâm của quá trình xử lý nước thải. Có hai giải pháp lắng đã được lựa chọn áp dụng là lắng bằng trọng lực hoặc lắng bằng cách sử dụng thiết bị phụ trợ.

Lắng bằng trọng lực hay còn được gọi là quá trình lắng ngang là phương pháp lắng tự nhiên, cặn lắng theo bông cặn tạo thành nhờ chất phụ gia keo tụ tự lắng xuống đáy bể bằng trọng lực. Quá trình lắng diễn ra theo chiều dọc bể, từ điểm cấp nước vào đến điểm tháo nước sạch.



Lắng có sử dụng thiết bị phụ trợ là quá trình lắng có sử dụng tấm lắng nghiêng, còn được gọi là tấm lắng lamella. Giai đoạn từ 2009 đến 2012, các trạm xử lý nước thải vùng than Quảng Ninh áp dụng công nghệ lắng ngang. Giai đoạn từ 2013 đến nay, áp dụng công nghệ lắng tấm nghiêng.

Hình dạng bể lắng có vai trò quan trọng đối với hiệu quả lắng. Bể lắng hình tròn có hiệu quả lắng cao hơn so với bể lắng hình chữ nhật. Bể lắng hình chữ nhật được sử dụng trong trường hợp áp dụng phương pháp lắng tấm nghiêng để làm tăng tốc độ lắng. Đối với dạng bể lắng này, các ngăn keo tụ có thiết bị khuấy nhanh và khuấy chậm được bố trí ngay khoang đầu của bể lắng.

Tấm lắng nghiêng còn được gọi là tấm lắng lamella, được chế tạo bằng kim loại uốn sóng hoặc nhựa đặc biệt nhằm tạo ra diện tích bề mặt lớn hơn cho quá trình kết tủa cặn. Bề mặt các tấm lắng phụ thuộc vào loại cặn. Diện tích bề mặt tối đa của tấm lắng được tính toán có liên quan trực tiếp đến vận tốc lắng của cặn và do đó liên quan đến lượng nước có thể được xử lý mỗi giờ.

Các bông cặn được lắng dưới đáy bể và tạo thành bùn thải. Đối với bể lắng ngang, bùn được tháo bằng van xả hoặc bơm hút bố trí dưới đáy bể lắng. Đối với bể lắng tấm nghiêng, các máy bơm bùn được bố trí nằm trên các cầu gạt bùn vận hành di động trên bề mặt bể lắng và hút bùn từ bể lắng vào bể cô đặc bùn. Nước trong tách ra từ bể cô đặc bùn được đưa trở lại bể trung hòa (phản ứng) nhằm tận dụng lượng chất keo tụ còn dư.

Lắng là công đoạn làm sạch nước cuối cùng.

Các khâu lọc Mangan, xử lý bùn thải là bước phụ trợ nhằm hoàn thiện một chu trình xử lý. Thông số kỹ thuật vận hành và hiệu quả các công nghệ lắng đã áp dụng được trình bày tại Bảng 3.

Ưu nhược điểm của các phương pháp lắng đã ứng dụng tại các trạm xử lý nước thải mỏ than tại Quảng Ninh:

- Phương pháp lắng ngang yêu cầu xây dựng bể lắng đủ lớn theo yêu cầu dung lượng xử lý để đảm bảo quá trình lắng tự nhiên, trong khi phương pháp lắng tấm nghiêng có thể xây dựng bể lắng nhỏ hơn, tiết kiệm chi phí xây dựng nhưng đòi hỏi phải đầu tư thêm thiết bị phụ trợ (tấm lắng nghiêng). Hiệu quả lắng của bể lắng tấm nghiêng phụ thuộc vào việc lắp đặt thiết bị phụ trợ;

- Bể lắng hình tròn có hiệu quả lắng cao hơn bể lắng hình chữ nhật với cùng phương pháp lắng ngang nhưng có chi phí xây dựng cao hơn;

- Bể lắng ngang chỉ thích hợp với yêu cầu công suất xử lý nước thải nhỏ ( $\leq 300 \text{ m}^3/\text{h}$ ), tháo bùn thải định kỳ bằng van xả dưới đáy bể;

- Hệ thống cầu bơm hút bùn di chuyển trên bề mặt bể lắng tấm nghiêng theo hai chiều cho phép hút bùn tại bất kỳ điểm nào dưới đáy bể lắng, trong khi hệ thống van xả dưới đáy bể lắng ngang chỉ cho phép tháo bùn tại một số vị trí nhất định.

#### 4. Công đoạn khử Mangan (Mn)

Khử Mangan là phần khó khăn nhất của quy trình xử lý nước thải mỏ than. Sau nhiều thử nghiệm, giải pháp cuối cùng được áp dụng là phương pháp hấp thụ bề mặt và oxy hóa trong bể phản ứng và bể lắng với độ pH tăng lên đến 9 kết hợp với tăng

**Bảng 3. Thông số kỹ thuật của quá trình lắng**

Thông số	Lắng ngang	Lắng tấm nghiêng
Phạm vi công suất áp dụng hiệu quả	$\leq 300 \text{ m}^3/\text{h}$	Không hạn chế
Kích thước hiệu quả của bể lắng	Chiều rộng tối thiểu gấp 4 lần chiều ngang	Theo tính toán lưu lượng cần xử lý
Tác nhân lắng	Bông cặn lắng tự nhiên	Tấm lắng nghiêng (lamella) cao 1- 2 m; độ nghiêng $60^\circ$ so với phương thẳng đứng
Phương pháp cấp nước đầu vào	Từ trên xuống	Từ dưới lên
Phương pháp cấp keo tụ	Cấp trực tiếp vào bể lắng	Thông qua hai ngăn keo tụ có thiết bị khuấy nhanh và khuấy chậm
Phương pháp tháo cặn lắng (bùn thải)	Từ đáy bể lắng, bằng bơm hoặc van xả	Từ bơm hút bùn đặt trên hệ thống cầu di động trên bề mặt bể lắng
Kết quả lắng so với QCVN 40:2011/BTNMT	Đạt tiêu chuẩn cột B	Đạt tiêu chuẩn cột A

**Bảng 4. So sánh các giải pháp lọc Mn**

Thông số	Bình lọc áp lực composite, thiết bị lọc có chứa cát Mangan	Bể lọc chứa cát Mn
Phạm vi công suất trạm xử lý	≤ 300 m <sup>3</sup> /h	> 300 m <sup>3</sup> /h
Kết cấu công trình, lắp đặt thiết bị	Nhỏ, gọn; thi công nhanh; tiết kiệm diện tích xây dựng	Diện tích lớn, kết cấu bê tông cốt thép; chi phí xây dựng cao
Chiều dày tối thiểu lớp cát Mangan	Theo chế tạo	Tối thiểu 40 cm, có thể thay đổi theo đặc tính nước đầu vào
Phương pháp rửa vật liệu lọc	Sục, rửa cặn lớp lọc bằng khí nén, thời gian khoảng 10 – 15 phút	Sục bằng khí nén từ dưới lên; thu hồi cặn bẩn bằng máng lắp đặt bên trên bề mặt lớp lọc

quá trình oxy hóa xúc tác trong bể lọc hoặc thiết bị lọc cố định có chứa cát lọc Mangan. Kết quả thí nghiệm đối với nước thải mỏ Vàng Danh (RAME, 2015) cho thấy khi giá trị pH được nâng lên mức 9,2 trong bể phản ứng đã có thể khử được khoảng 50% hàm lượng Mangan thông qua sự hấp thụ bề mặt và oxy hóa từ các chất trong nước, 50% còn lại đòi hỏi xử lý bổ sung.

Phương án tăng cường quá trình oxy hóa xúc tác trong các bể lọc cố định được lựa chọn có xem xét đến chi phí vận hành dài hạn, an toàn lao động và tiêu thụ năng lượng. Phương pháp có chi phí đầu tư không tăng cao so với các biện pháp có sử dụng các hóa chất oxy hóa.

Nguyên liệu cho quá trình bổ sung lọc Mangan là cát Mangan có thành phần hóa học là KMnO<sub>4</sub> hoặc Mn(OH)<sub>4</sub>. Các thí nghiệm sử dụng cát lọc Mangan cho xử lý nước thải mỏ Vàng Danh đã được RAME (2015) tiến hành nhằm tìm được loại nguyên liệu lọc Mangan có tính ổn định và hiệu quả lâu dài giữa một sản phẩm của Mỹ (Catalox) và một sản phẩm của Việt Nam (MQ7) là những sản phẩm tiềm năng có đặc tính lọc tốt. Catalox cho các kết quả xử lý tốt nhất nhưng có giá cao. MQ7 có tỷ lệ lọc Mangan xấp xỉ 60% so với Catalox nhưng có giá rẻ hơn 3-4 lần. Cát lọc Mangan MQ7 đã được lựa chọn. Sự lựa chọn này cũng đồng nghĩa với ngay cả khi hoạt động hết công suất thì bể lọc Mangan cũng chỉ xử lý được 50-60% lượng nước chuyển sang từ bể lắng để chất lượng nước đầu ra có giá trị tương đương nhau. Thực tế sử dụng cát lọc Mangan tại các trạm xử lý nước thải mỏ than tại Quảng Ninh cho thấy với đặc điểm hàm lượng TSS cao và có lẫn nhiều sét trong nước mỏ (nước đầu vào), cát lọc Mangan thường phải thay thế sau (02 ÷ 03) năm sử dụng so với (04 ÷ 05) năm theo

đặc tính được giới thiệu.

Hệ thống xử lý Mn tại các trạm xử lý nước thải mỏ được lựa chọn theo lưu lượng xử lý và liên tục được thay đổi theo giải pháp kỹ thuật lọc và kết cấu thiết bị. Các giải pháp kỹ thuật lọc Mn thường được áp dụng trong các trạm xử lý nước thải mỏ than là bình lọc áp lực bằng composite hoặc thiết bị lọc chứa cát lọc Mangan và bể lọc kết cấu bê tông cốt thép có chứa cát lọc Mangan và bể lọc kết cấu bê tông cốt thép có chứa cát lọc Mangan. Phương pháp lọc được lựa chọn trong hai giải pháp: lọc xuôi chiều và lọc ngược chiều. Phạm vi ứng dụng các giải pháp lọc Mn được trình bày tại Bảng 4.

#### 5. Công đoạn xử lý bùn thải

Bùn thải được thu hồi tập trung từ bể lắng và bể lọc Mangan với tỷ lệ 95 – 97% nước được bơm hút bùn đưa về bể chứa bùn trước khi xử lý. Để có thể đưa đi chôn lấp, bùn thải phải được khử nước xuống còn dưới 20%. Có 3 giải pháp xử lý bùn đã được áp dụng.

##### a) Bể lọc bùn

Giải pháp bể lọc bùn được áp dụng đối với các trạm có công suất nhỏ ở vào thời kỳ đầu xây dựng các trạm xử lý nước thải. Bể có một lớp sỏi đệm dày 20 cm dưới đáy bể. Nước trong thoát ra từ bể lắng được cấp trực tiếp vào bể từ phía bên trên. Giải pháp có ưu điểm là chi phí đầu tư xây dựng và vận hành thấp nhưng hiệu quả xử lý kim loại không cao, nạo vét và xúc dọn cặn lắng bằng thủ công.

##### b) Sân phơi bùn

Sân phơi bùn là giải pháp thực hiện làm khô bùn tự nhiên bằng cách phơi bùn, bùn được làm khô dưới ánh nắng mặt trời và gió. Giải pháp thường được áp dụng cho các trạm xử lý có công suất nhỏ hoặc lượng bùn ít.

Sân phơi bùn thường yêu cầu diện tích lớn, chiều cao thành bể từ 1m đến 1,5m có các khe



phía dưới chân tường để thoát nước trong. Ưu điểm của giải pháp là chi phí đầu tư xây dựng và vận hành thấp nhưng đòi hỏi diện tích mặt bằng lớn; việc làm khô bùn phụ thuộc vào điều kiện thời tiết nên hiệu quả xử lý không cao, đặc biệt là gặp khó khăn trong trường hợp lượng bùn cần xử lý lớn hơn năng lực xử lý của sân.

c) Xử lý bùn thải

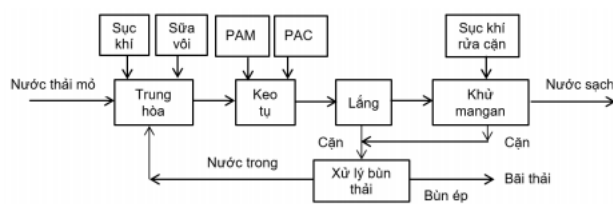
Công đoạn xử lý bùn thải là thu hồi và cô đặc bùn đến nồng độ pha rắn thích hợp để có thể vận chuyển bùn ra bãi thải. Các dạng thiết bị cô đặc bùn đã được áp dụng là máy ép trục vít, máy ly tâm và máy ép khung bản.

Máy ly tâm là giải pháp cho hiệu quả cô đặc bùn cao nhất trong các giải pháp đã ứng dụng. Ưu điểm của giải pháp là quá trình xử lý liên tục; không phụ thuộc vào thời tiết do hệ thống thiết bị được đặt trong nhà hoặc có mái che. Qua thực tế vận hành, giải pháp máy ly tâm trở lên phổ biến hơn so với các thiết bị khác do có kích thước nhỏ gọn, vận hành đơn giản, hiệu quả tách nước cao. Tuy nhiên, giải pháp đòi hỏi chi phí đầu tư cao hơn các giải pháp khác.

Máy ép khung bản có hiệu quả xử lý bùn thấp nhất do không phù hợp với đặc tính bùn thải than (tỷ lệ cỡ hạt nhỏ trong bùn cao, hàm lượng sét lớn) và do quá trình vận hành không liên tục.

Bùn thải từ các trạm xử lý nước thải mỏ than không chứa kim loại nặng hoặc các chất độc tố, do vậy thường được đổ thải trên các bãi thải mỏ.

Trải qua hơn 20 năm tìm tòi, nghiên cứu, thử nghiệm và ứng dụng công nghệ, kỹ thuật cho xử lý nước thải mỏ than tại Quảng Ninh, quy trình công nghệ (phổ biến) cho xử lý nước thải mỏ than đã được định hình (Hình H.2). Quy trình công nghệ này cũng đã được mở rộng áp dụng cho các mỏ than khác thuộc TKV tại Thái Nguyên và Lạng Sơn.



H.2. Sơ đồ công nghệ (phổ biến) xử lý nước thải mỏ than

2.2. Phương pháp xử lý thụ động

Phương pháp xử lý nước thải thụ động là phương pháp xử lý không sử dụng hóa chất mà

xử lý bằng sinh học nhờ những loại cây thủy sinh có các khả năng hấp thụ các chất ô nhiễm như các chất hữu cơ, amoni, các kim loại nặng, As, Fe... Các loại cây thủy sinh này sử dụng chất ô nhiễm như nguồn thức ăn hấp thụ và phát triển thành sinh khối, nhờ đó trong quá trình phát triển chúng loại bỏ được các chất ô nhiễm có trong nước. Đối tượng được thử nghiệm xử lý là nước rò rỉ từ các bãi thải; nước bề mặt từ các bãi chứa than của các mỏ Trảng Khê, Hồng Thái tại huyện Đông Triều, tỉnh Quảng Ninh.

Nước mỏ có tính axit; nồng độ TSS (chủ yếu là bụi than và các kết tủa hydroxyte, sulphate), hàm lượng sắt (Fe<sup>+2</sup>) và Mangan (Mn<sup>+2</sup>) cao (xem Bảng 5). Trong nhiều năm, nước mỏ chưa xử lý được xả vào các hồ thủy lợi xung quanh như Nội Hoàng, Cầu Cuốn, Khe Ươn gây ô nhiễm đất, giảm năng suất nông nghiệp và cây trồng do sử dụng nước hồ làm nước tưới.

Bảng 5. Đặc tính nước mỏ khu vực thử nghiệm

Thông số	Từ	Đến	Tối đa	QCVN 40:2011/ BTNMT (cột B)
pH	5	3		5.5 - 9.0
Mangan, mg/L	1,7	9,9	49	1
Nickel, mg/L	0,2	0,8	4	0.5
Nhôm, mg/L	0,7	4,3	9	
Sắt, mg/L	0,5	8,3	32	5
Sulphate, mg/L	120	624	3,875	

Nguồn: RAME, 2015

Công trình đầm lầy thử nghiệm được thiết kế, xây dựng và vận hành theo công nghệ tạo kiềm và khử (Reducing and Alkalinity Producing System - RAPS) với sự giúp đỡ và hợp tác của Hiệp hội Nghiên cứu Khai thác mỏ và Môi trường tại Việt Nam (Research Association Mining and Environment in Vietnam - RAME) của CHLB Đức với mục tiêu là xử lý nước mỏ ở khu vực đáp ứng tiêu chuẩn nước thải công nghiệp theo QCVN 40:2011/BTNMT (cột B), xả vào hồ Nội Hoàng để phục vụ tưới cho nông nghiệp. Các mục tiêu xử lý bao gồm:

- Tăng pH lên giá trị mục tiêu là cao hơn 6 – 8,5;
- Giảm hàm lượng kim loại bằng cách thu hồi trong điều kiện kiềm thuần túy;
- Giảm sulphate bằng cách sử dụng các quá trình vi sinh vật.

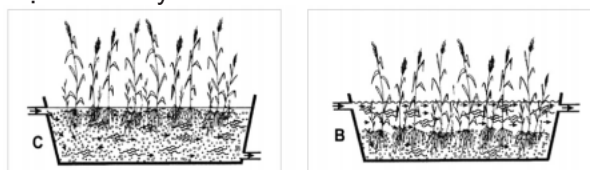
**Bảng 6. Một số thông số kỹ thuật chủ yếu của đầm lầy thử nghiệm**

Thông số	Ngăn kỵ khí	Ngăn hiếu khí
Lưu lượng nước đầu vào, m <sup>3</sup> /h	4,4	
Diện tích thiết kế, m <sup>2</sup>	950	600
Nguyên lý làm việc	Đầm lầy dòng chảy dưới bề mặt, bao gồm mương thoát nước đá vôi và lớp phân trộn tạo nguồn các-bon bổ sung	Đầm lầy dòng chảy bề mặt có rải lớp sỏi cuộn dưới nền
Chiều dày lớp đệm	Lớp đá vôi 0,5 m; lớp phân trộn 0,5 m	Lớp sỏi cuộn 0,5 m
Loài thực vật được lựa chọn	Bèo tây ( <i>Eichhornia crassipes</i> )	Cây sậy, cây lách và cây bấc ( <i>Phragmites</i> sp., <i>Typha</i> sp., <i>Carex</i> sp., <i>Juncus</i> sp.)

Theo công nghệ RAPS, nước mỏ có thể được xử lý thụ động thông qua hệ thống lọc phản ứng địa hóa học sinh vật dòng chảy dưới lớp mặt. Hệ thống lọc bao gồm hệ thống mương nước có đá vôi và một lớp phân trộn (rơm lúa, phân trâu bò, vỏ trấu) trên bề mặt, đây chính là nguồn các-bon bổ sung cho quá trình tạo kiềm. Công nghệ RAPS giúp nâng cao chất lượng nước nhờ sự kết hợp các quá trình hòa tan đá vôi, cố định kim loại và khử sulphate bằng vi khuẩn.

Đầm lầy nhân tạo thử nghiệm được thiết kế bao gồm hai bước xử lý: một ngăn đầm lầy kỵ khí và một ngăn đầm lầy hiếu khí (Hình H.3) trên cơ sở kết quả nghiên cứu quy mô phòng thí nghiệm đã được tiến hành tại Trung tâm Nghiên cứu môi trường UFZ tại Leipzig, CHLB Đức với các thông số kỹ thuật chủ yếu được trình bày tại Bảng 6.

Sơ đồ nguyên lý hoạt động của các ngăn được trình bày trên Hình H.3.



**H.3. Sơ đồ nguyên lý ngăn kỵ khí (C) và ngăn hiếu khí (B) cho đầm lầy nhân tạo thử nghiệm**

(Nguồn: U. Stottmeister và nnk, 2003 được trích dẫn theo RAME, 2015)



**H.4. Đầm lầy nhân tạo trong giai đoạn thi công các ngăn (a) và sau khi hoàn thành (b)**

(Nguồn: RAME, 2015)

Ưu điểm của giải pháp:

- Chi phí xây dựng, vận hành và bảo dưỡng thấp;
- Vận hành và bảo dưỡng theo định kỳ, không cần nhân công liên tục tại chỗ;
- Phạm vi ứng dụng rộng rãi;
- Tạo môi trường sống cho động, thực vật hoang dã.

Nhược điểm của giải pháp:

- Hệ thống nhạy cảm;
- Tốn diện tích xây dựng; tốc độ xử lý chậm, khó đáp ứng với yêu cầu xử lý khối lượng lớn.

Những tình huống cần lưu ý khi ứng dụng hệ thống đầm lầy:

- Có hệ thống ngăn nước mưa chảy vào đầm lầy trong trường hợp mưa to;
- Không để lượng nước lớn hơn lưu lượng thiết kế chảy qua đầm lầy;
- Nhiệt độ và độ ẩm cao, sự thay đổi lượng mưa của khí hậu nhiệt đới có tác động nhất định đến hiệu quả xử lý của đầm lầy.

Hệ thống đã hoàn thành thử nghiệm từ năm 2011. Kết quả thử nghiệm đã giúp cho các chuyên gia môi trường TKV có được những kiến thức và kinh nghiệm về xử lý nước thải bằng công nghệ đầm lầy, làm cơ sở để TKV định hướng ứng dụng công nghệ cho các mỏ than.



**H.4. Toàn cảnh đầm lầy nhân tạo tại Trảng Khê, Đông Triều, Quảng Ninh**

(Nguồn: RAME)



### 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

1. Nghiên cứu và ứng dụng công nghệ xử lý nước thải mỏ than bằng phương pháp chủ động đã giúp cho các nhà tư vấn và quản lý nước thải mỏ của TKV định hình được giải pháp công nghệ cùng với mô hình thiết kế các trạm xử lý nước thải mỏ tại vùng than Quảng Ninh, chủ động trong xử lý nước thải mỏ.

Trong giai đoạn từ năm 2009 - 2010 (thời điểm bắt đầu xử lý nước thải mỏ) đến nay, đã có trên 40 trạm xử lý nước thải mỏ được TKV xây dựng tại ba khu vực khai thác than tại Quảng Ninh với tổng năng lực xử lý hàng năm khoảng 130 triệu m<sup>3</sup> (không tính các trạm xử lý nước thải mỏ thuộc quản lý của Tổng Công ty Đông Bắc). Công nghệ xử lý nước thải mỏ than bằng phương pháp chủ động đã được mở rộng áp dụng cho các mỏ than khác ngoài vùng than Quảng Ninh và một số mỏ khai thác khoáng sản thuộc TKV. Mô hình thiết kế các trạm xử lý nước thải mỏ than trải qua ba thời kỳ thay đổi (2009 – 2011, 2011 – 2015 và 2015 cho đến nay) theo hướng ngày càng hiện đại và phù hợp với thực tế.

Chất lượng nước thải mỏ sau xử lý đã được nâng lên đạt tiêu chuẩn cột A theo QCVN 40:2011/BTNMT và QCĐP 3:2020/QN, đã đưa nước thải mỏ sau xử lý trở thành một nguồn tài nguyên quan trọng để các mỏ than tái sử dụng cho các nhu cầu sản xuất của mỏ (dập bụi, vệ sinh công nghiệp, tưới cây), sử dụng làm nước công nghệ cho nhà máy tuyển than để thay thế nguồn nước sạch vẫn phải mua tại địa phương, sử dụng cho giặt quần áo và trang bị cho thợ mỏ. Hiện tại, TKV và tỉnh Quảng Ninh đã có những định hướng về tái xử lý nguồn tài nguyên nước này đáp ứng yêu cầu chất lượng nước sinh

hoạt nhằm bổ sung nguồn nước sạch ngày càng tăng của tỉnh Quảng Ninh, theo đó, đến năm 2030, nhu cầu nước sạch cho sinh hoạt, công nghiệp, du lịch và dịch vụ cho ba thành phố Hạ Long, Cẩm Phả, Uông Bí khoảng 180 triệu m<sup>3</sup> (Nguồn: Tổng hợp từ Quy hoạch sử dụng nước tỉnh Quảng Ninh đến năm 2020, tầm nhìn đến năm 2030).

Quản lý và xử lý nước thải mỏ than đã trở thành một ngành nghề mới trong lĩnh vực sản xuất - kinh doanh của TKV, từ đó hình thành nên Công ty TNHH 1TV Môi trường – TKV và tạo việc làm cho hơn 1.000 lao động của Công ty.

2. Kết quả thử nghiệm xử lý nước thải mỏ bằng phương pháp thụ động cho các mỏ Trảng Khê, Hồng Thái tại Đông Triều, Quảng Ninh đã cho phép kết luận rằng công nghệ đầm lầy nhân tạo hoàn toàn có thể ứng dụng cho xử lý nước thải mỏ với kết quả chính là giúp tăng pH lên mức trung tính và tách sắt và Mangan hiệu quả từ nước thải mỏ. Hiệu quả thủy năng của đầm lầy sẽ tăng lên nếu tăng độ dày của lớp đệm đá vôi và lớp sỏi cuội lên 0,8 m. Kết quả thử nghiệm được thể hiện qua số liệu quan trắc chất lượng nước đầu vào và nước đầu ra trong thời gian thử nghiệm (từ tháng 09/2010 đến tháng 07/2011) (xem Bảng 7).

Sau khi được đưa vào vận hành thử nghiệm, đầm lầy được quan trắc hàng tháng trong thời gian một năm thủy văn để theo dõi, đánh giá và tối ưu hóa quá trình xử lý, sau đó chỉ kiểm tra định kỳ theo chức năng và bằng quan sát.

Với nguồn nguyên liệu sẵn có tại địa phương, phương pháp xử lý thụ động cho phép đưa giá thành xử lý nước thải mỏ xuống rất thấp nhờ lợi thế về chi phí nguyên liệu, nhiên liệu, nhân công. Tuy nhiên, do nhược điểm của phương pháp về yêu

**Bảng 7. Kết quả thử nghiệm xử lý bằng đầm lầy nhân tạo tại Đông Triều, Quảng Ninh**

Thông số	pH	TSS, mg/L	Fe, mg/L	Mn, mg/L
Nước đầu vào, từ - đến	4,37 – 4,82	2,7 – 8,6	0,097 – 0,737	1,95 – 6.619
Nước đầu ra, từ - đến	4,49 – 6,83	1,7 – 10	0,004 – 0,551	0,02 – 3,1 <sup>1</sup>
QCVN 40:2011/BTNMT	5,5 (6) – 9	50 (100)	1 (5)	0,5 (1)
QCĐP 3:2020/QN	5,5 (6) - 9	50 (100)	1 (5)	0,5 (1)

(Nguồn: RAME, 2015 thông qua số liệu phân tích nước đầu vào và đầu ra do VINACOMIN cung cấp).

Ghi chú: Số không có dấu ngoặc là giá trị theo cột A, số trong ngoặc là giá trị theo cột B của các quy chuẩn.

<sup>1</sup> Trong 14 lần lấy mẫu phân tích từ 22/9/2010 đến 15/07/2011, có 04 lần mẫu Mn vượt tiêu chuẩn, lần lượt là 1,744 mg/L (20/10/2010); 2,57 mg/L (12/11/2010); 1,79 mg/L (29/11/2010) và 3,1 mg/L (25/12/2010).





cầu sử dụng đất, năng lực xử lý thấp nên về lâu dài, phương pháp xử lý thụ động chỉ nên áp dụng để xử lý các nguồn nước sinh hoạt (ăn uống, tắm giặt) cho các khu vực khai trường xa trung tâm mỏ hoặc các nguồn nước thải sản xuất có khối lượng nhỏ. Đáng tiếc rằng, do nhu cầu phát triển sản xuất, đầm lầy nhân tạo đầu tiên để xử lý nước thải mỏ tại vùng than Quảng Ninh đã không còn tồn tại.

Trên cơ sở kết quả thử nghiệm đầm lầy nhân tạo tại Đông Triều, Quảng Ninh, năm 2013, một công trình đầm lầy nhân tạo khác đã được Công ty cổ phần Tin học, Công nghệ, Môi trường – Vinacomin (VITE) thiết kế và xây dựng nhằm nghiên cứu thử nghiệm xử lý nước thải tuyển quặng thiếc tại Xí nghiệp tuyển - luyện thiếc của Công ty cổ phần Kim loại màu Tuyên Quang – Tổng Công ty Khoáng sản- TKV bằng công nghệ vi sinh. Công nghệ xử lý nước thải mỏ kim loại bằng công nghệ vi sinh tỏ ra hiệu quả đối với các nguồn nước thải có lưu lượng nhỏ (<20 m<sup>3</sup>/h), có pH thấp và có chứa các kim loại như Fe, Mn, Cu, Ni, Pb, Sn, As. Trên cơ sở kết quả thử nghiệm nhận thấy rằng có thể ứng dụng phương pháp xử lý thụ động để xử lý các nguồn nước thải khối lượng nhỏ có chứa kim loại tại các khu vực sản xuất, chế tạo cơ khí, tuyển và luyện kim loại màu.

#### 4. KẾT LUẬN

➢ Do đặc điểm kiến tạo khoáng sàng và địa lý, nước mỏ của các mỏ than tại vùng than Quảng

Ninh khá tương đồng về đặc tính hóa – lý. Các thông số ô nhiễm cần xử lý thường chỉ bao gồm pH, TSS, Fe và Mn;

➢ Cho đến nay, phương pháp xử lý chủ động tỏ ra là phương pháp phù hợp nhất, hiệu quả nhất, đáp ứng yêu cầu cao nhất của các mỏ than vùng than Quảng Ninh về quy mô và tốc độ đối với xử lý nước thải mỏ. Sự tương đồng về đặc điểm hóa – lý của nước mỏ than đã giúp giảm thiểu được nhiều chi phí và thời gian trong nghiên cứu, thử nghiệm và thiết kế trạm xử lý nước thải mỏ;

➢ Theo những kết quả thử nghiệm đã được thực hiện, phương pháp xử lý thụ động bằng công nghệ đầm lầy nhân tạo có tác dụng đối với xử lý nước thải mỏ nhưng chỉ phù hợp với lưu lượng nhỏ hơn 20 m<sup>3</sup>/h;

➢ Phạm vi ứng dụng của phương pháp xử lý thụ động rất rộng. Cần có nghiên cứu ứng dụng phương pháp vào xử lý nước thải sinh hoạt; nước thải từ cơ khí – sửa chữa, mạ kim loại có lưu lượng nhỏ nhưng hàm lượng kim loại cao;

➢ Điều kiện thời tiết nhiệt đới biến đổi theo mùa đã có ảnh hưởng lớn đến quản lý và xử lý nước thải mỏ than nói riêng và các mỏ khai thác khoáng sản nói chung. Cần xác định mô hình quản lý và giải pháp xử lý linh hoạt, phù hợp với sự biến đổi cùng một lúc về khối lượng và đặc tính hóa – lý của nước thải mỏ theo điều kiện thời tiết □

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Sở Tài nguyên và Môi trường Quảng Ninh (2014). Báo cáo Quy hoạch môi trường Quảng Ninh đến năm 2020, tầm nhìn đến năm 2030. UBND tỉnh Quảng Ninh, 2014.
2. Sở Tài nguyên và Môi trường Quảng Ninh (2016). Quy hoạch tài nguyên nước tỉnh Quảng Ninh đến năm 2020, định hướng đến năm 2030. Báo cáo thuyết minh quy hoạch. UBND tỉnh Quảng Ninh, 2016.
3. VITE (2013). Thử nghiệm xử lý nước thải mỏ bằng công nghệ vi sinh. Thuyết minh báo cáo. Công ty Cổ phần Tin học, Công nghệ, Môi trường – Vinacomin, 2013.
4. VITE (2014). Đánh giá hiệu quả kỹ thuật, công nghệ, quản lý các trạm xử lý nước thải mỏ than hiện có vùng Quảng Ninh và đề xuất định hướng áp dụng cho các trạm tiếp theo. Báo cáo tổng kết đề tài. Công ty Cổ phần Tin học, Công nghệ, Môi trường – Vinacomin, 2014.
5. Kroll A., Amézaga JM., Younger PL. and Wolkersdorfer C. (2002) Regulation of Mine Waters in the European Union: The Contribution of Scientific Research to Policy Development. Mine Water and the Environment 21:193 – 200 © IMWA Springer-Verlag, 2002.
6. Bilek F. Et al. (2011). Active Treatment of Fe-, Mn- and coaldust contaminated Mine Water as Part of the RAME-Project in Vietnam. “Mine Water – Managing the Challenges” IMWA, Aachen, Germany.
7. Kurtz S. Et al. (2009). Treating Mine Water contaminated with Iron, Manganese and high solid Carbon Loads under Tropical Conditions. Securing the Future and 8<sup>th</sup> ICARD, June 23-26, 2009, Skelleftea, Sweden.



8. RAME (2015). Handbook on the Results of the Project “Mining and Environment in Vietnam 2005 – 2015”. The German Federal Ministry of Education and Research (BMBF).
9. U. Stottmeister et al. (2003). Effects of plants and microorganisms in constructed wetlands for wastewater treatment, *Biotechnology Advances*, Vol. 22, pp. 93–117.

## MINE WASTEWATER TREATMENT IN QUANG NINH COAL BASIN

Tran Mien

### ABSTRACT

*Quang Ninh coal basin situated in the North-East of Vietnam is the main coal source for domestic demand and export. Annually, coal mining activities in Quang Ninh discharge about 130 million m<sup>3</sup> of mine wastewater in the environment. Since a long time when the concept of “the environment” is not yet mentioned, the environmental landscape and the ecology of Quang Ninh coal basin were devastated, the life and the health of miners and residential community were strongly effected, in there, the most impacted environmental components were surface and underground and coastal water.*

*This article presents the scientific and technological solutions have been applicated by VINACOMIN after the 25 years of application in the mine wastewater treatment in order to disseminate and evaluate the success taken and to exchange experience for the next orientations which will have a part of the adaptation to climate change and to the implementation of the strategy of changing “the brown economy” to “the green one” of Quang Ninh Province.*

**Key words:** *Quang Ninh coal basin, VINACOMIN, coal mine environment, mine wastewater treatment, active treatment process, passive treatment process, constructed wetland*

**Ngày nhận bài:** 23/11/2022;

**Ngày gửi phản biện:** 25/11/2022;

**Ngày nhận phản biện:** 28/12/2022;

**Ngày chấp nhận đăng:** 05/01/2023.

**Trách nhiệm pháp lý của các tác giả bài báo:** *Các tác giả hoàn toàn chịu trách nhiệm về các số liệu, nội dung công bố trong bài báo theo Luật Báo chí Việt Nam.*