



(12) **BẢN MÔ TẢ GIẢI PHÁP HỮU ÍCH THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN
GIẢI PHÁP HỮU ÍCH**

(19) **Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ**

(11)



2-0004286

(51) **C02F 3/00; C02F 9/14; C02F 9/00**
2019.01

(13) **Y**

(21) 2-2023-00566

(22) 20/02/2020

(67) 1-2020-00917

(45) 25/08/2025 449

(43) 25/06/2020 387A

(73) Công ty Cổ phần cấp nước Thừa Thiên Huế (VN)

103 Bùi Thị Xuân, Phường Phường Đúc, Thành phố Huế, Tỉnh Thừa Thiên Huế

(72) Trương Công Nam (VN).

(74) Công ty TNHH Sở hữu trí tuệ Việt Nam IP (VIETNAM IP)

(54) **HỆ THỐNG VÀ PHƯƠNG PHÁP XỬ LÝ NƯỚC ĐỂ XỬ LÝ CÁC NGUỒN
NƯỚC BỊ Ô NHIỄM**

(21) 2-2023-00566

(57) Giải pháp hữu ích đề xuất bể lọc tiếp xúc sinh học, hệ thống và phương pháp xử lý nước chất lượng cao, thân thiện với môi trường trong việc xử lý nước sạch. Bể lọc tiếp xúc sinh học theo giải pháp hữu ích bao gồm: a) lớp chứa các hạt than hoạt tính sinh học; b) các lớp sỏi đỡ, và c) lớp đan lọc; mà được bố trí sau bể lắng và trước bể lọc cát trong hệ thống và phương pháp xử lý nước giúp vận hành ổn định do không xảy ra hiện tượng tắc nghẽn bể lọc và tối ưu hóa vai trò loại bỏ chất ô nhiễm và chất độc hại của bể lọc.

Giải pháp kỹ thuật theo giải pháp hữu ích là khác biệt trong thiết kế và xây dựng, với các thông số vận hành tối ưu được chọn thông qua các thí nghiệm, bằng cách ứng dụng bể lọc tiếp xúc sinh học cùng với bể lắng lọc, với cách thức bố trí khác biệt hiệu quả, trong phương pháp xử lý nước cấp, nhằm xử lý các nguồn nước bị ô nhiễm, cho phép loại bỏ các chất gây ô nhiễm triệt để hơn, có thể xử lý hiệu quả hơn các loại nguồn nước mặt bị ô nhiễm, thích hợp để ứng dụng trong ngành cấp nước ở Việt Nam.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Giải pháp hữu ích liên quan đến công nghệ xử lý nước để đảm bảo cấp nước sạch, an toàn và ổn định. Cụ thể, giải pháp hữu ích đề xuất bể lọc tiếp xúc sinh học, hệ thống và phương pháp xử lý nước chất lượng cao, thân thiện với môi trường trong việc xử lý nước sạch. Cụ thể hơn nữa, giải pháp hữu ích đề xuất giải pháp kỹ thuật khác biệt trong thiết kế và xây dựng, với các thông số vận hành tối ưu được chọn thông qua các thí nghiệm, bằng cách ứng dụng bể lọc tiếp xúc sinh học cùng với bể lắng lọc, với cách thức bố trí khác biệt hiệu quả, trong phương pháp xử lý nước cấp, nhằm xử lý các nguồn nước bị ô nhiễm, cho phép loại bỏ các chất gây ô nhiễm triệt để hơn, có thể xử lý hiệu quả hơn các loại nguồn nước mặt bị ô nhiễm, thích hợp để ứng dụng trong ngành cấp nước ở Việt Nam để đảm bảo nước sau xử lý có chất lượng tốt nhất.

Tình trạng kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Nước sạch là một trong những nhu cầu thiết yếu trong cuộc sống hàng ngày của con người, ảnh hưởng đến sức khỏe trước mắt và lâu dài của cộng đồng; là một trong những tiêu chí của xã hội văn minh, thể hiện trình độ văn hoá và thước đo chất lượng cuộc sống con người. Trong giai đoạn hiện nay, khi chất lượng cuộc sống ngày càng được nâng cao, đất nước ta đang hội nhập quốc tế mạnh mẽ, đòi hỏi các Công ty cấp nước của Việt Nam phải nỗ lực phấn đấu, nâng cao chất lượng sản phẩm và dịch vụ, từng bước tiến đến cấp nước uống an toàn và ngon, đảm bảo an ninh nước.

Tuy nhiên, từ năm 2009 đến nay do ảnh hưởng của biến đổi khí hậu, nhiệt độ tăng gây nắng hạn làm cho lưu lượng nước nguồn các sông giảm xuống đáng kể, cộng với việc các hồ đập đầu nguồn như Thủy điện Bình Điền, Hương Điền, hồ Tả Trạch và hồ Truồi, v.v., được xây dựng để chứa nước phục vụ cho sản xuất thủy điện và nông nghiệp; các đập ngăn mặn ở hạ lưu đóng kín làm cho tốc độ dòng chảy trên các sông giảm mạnh, nước trên sông gần như bị tù đọng. Ngoài ra, tốc độ đô thị hóa và công nghiệp phát triển nên nước thải của các hoạt động sản xuất kinh doanh, sinh hoạt đã không được xử lý xả mà thường được thải trực tiếp xuống các lưu vực sông gây ra sự ô nhiễm hữu cơ, nhu cầu oxy hóa học (COD), amonia, nitrit, nitrat tăng từ 5 đến 10 lần dẫn đến hiện tượng phú dưỡng, rong tảo phát triển mạnh (1.000.000 tế bào/L); độ đục, Fe, Mn cũng tăng từ 20 đến 30 lần, v.v., làm suy giảm chất lượng nguồn nước khai thác. Đối với Việt Nam nói chung thì hiện nay các nguồn nước lớn như sông Đồng Nai, sông Sài Gòn, sông Mekong, sông Hàn, v.v., đang bị ô nhiễm hữu cơ rất cao (COD là 10 đến 25 mg/l, NH_4^+ là 0,1 đến 0,9 mg/l) và nhiễm mặn.

Nước ô nhiễm có thể ảnh hưởng trực tiếp, rất nhiều đến sức khỏe con người cũng như hệ động-thực vật. Các tác nhân gây ô nhiễm nước, ảnh hưởng đến sức khỏe con người và hệ động-thực vật có thể kể đến bao gồm:

- i) Các ion hòa tan

Nhiều ion hữu cơ có nồng độ rất cao trong nước tự nhiên. Trong nước thải đô thị luôn chứa một lượng lớn các ion: Cl^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , Na^+ , K^+ . Trong nước thải công nghiệp, ngoài các ion kể trên, còn có thể có các chất vô cơ có độc tính rất cao như các hợp chất của Hg, Pb, Cd, As, Sb, Cr, F, v.v.

ii) Các chất dinh dưỡng N, P

Muối của nitơ và phospho là các chất dinh dưỡng đối với thực vật, ở nồng độ thích hợp chúng tạo điều kiện cho cây cỏ, rong tảo phát triển. Amoni, nitrat, phosphat là các chất dinh dưỡng thường có mặt trong các nguồn nước tự nhiên, hoạt động sinh hoạt và sản xuất của con người đã làm gia tăng nồng độ các ion này trong nước tự nhiên. Các chất này khi có mặt trong nước ở nồng độ tương đối lớn, cùng với nitơ, phosphat sẽ gây ra hiện tượng phú dưỡng, kèm theo sự phát triển bùng nổ của tảo, nước hồ trở nên có màu xanh, một lượng lớn bùn lắng được tạo thành do xác của tảo chết. Dần dần, hồ sẽ trở thành vùng đầm lầy và cuối cùng là vùng đất khô, cuộc sống của động vật thủy sinh trong hồ bị ngừng trệ.

iii) Sulfat (SO_4^{2-})

Các nguồn nước tự nhiên, đặc biệt nước biển và nước phèn, thường có nồng độ sulfat cao. Sulfat trong nước có thể bị vi sinh vật chuyển hóa tạo ra sulfit và axit sulfuric có thể gây ăn mòn đường ống và bê tông. Ở nồng độ cao, sulfat có thể gây hại cho cây trồng.

iv) Clorua (Cl^-)

Clorua là một trong các ion quan trọng trong nước và nước thải. Clorua kết hợp với các ion khác như natri, kali tạo ra vị cho nước. Nguồn nước có nồng độ clorua cao có khả năng ăn mòn kim loại, gây hại cho cây trồng, giảm tuổi thọ của các công trình bằng bê tông, v.v. Nhìn chung, clorua không gây hại cho sức khỏe con người, nhưng clorua có thể gây ra vị mặn của nước, do đó ít nhiều ảnh hưởng đến mục đích ăn uống và sinh hoạt.

v) Các kim loại nặng

Các kim loại nặng như Pb, Hg, Cr, Cd, As, Mn, v.v., thường có trong chất thải và nước thải công nghiệp. Hầu hết các kim loại nặng này đều có độc tính cao đối với con người và các động vật khác.

vi) Các chất hữu cơ

a. Các chất hữu cơ dễ bị phân hủy sinh học

Cacbon hydrat, protein, chất béo, v.v., thường có mặt trong nước thải sinh hoạt, nước thải đô thị, nước thải công nghiệp chế biến thực phẩm là các chất hữu cơ dễ bị phân hủy sinh học. Chất hữu cơ dễ bị phân hủy sinh học thường ảnh hưởng có hại đến nguồn lợi thủy sản, vì khi bị phân hủy các chất này sẽ làm giảm oxy hoà tan trong nước, dẫn đến chết tôm cá.

b. Các chất hữu cơ bền vững

Các chất hữu cơ có độc tính cao thường là các chất bền vững, khó bị vi sinh vật phân hủy trong môi trường. Một số chất hữu cơ có khả năng tồn lưu lâu dài trong môi trường và tích lũy sinh học trong cơ thể sinh vật. Do có khả năng tích lũy

sinh học, nên chúng có thể thâm nhập vào chuỗi thức ăn và từ đó đi vào cơ thể con người. Các chất polychlorophenol (PCP), polychlorobiphenyl (polychlorinated biphenyl - PCB), các hydrocacbon đa vòng ngưng tụ (polycyclic aromatic hydrocacbon - PAH), các hợp chất dị vòng N, hoặc O, là các hợp chất hữu cơ bền vững.

c. Dầu mỡ

Dầu mỡ là chất khó tan trong nước, nhưng tan được trong các dung môi hữu cơ. Dầu mỡ có thành phần hóa học rất phức tạp. Dầu thô có chứa hàng ngàn các phân tử khác nhau, nhưng phần lớn là các hydrocacbon có số cacbon từ 2 đến 26. Trong dầu thô còn có các hợp chất lưu huỳnh, nitơ, kim loại. Các loại dầu nhiên liệu sau tinh chế (dầu DO2, FO) và một số sản phẩm dầu mỡ khác còn chứa các chất độc như PAH, PCB, v.v. Do đó, dầu mỡ thường có độc tính cao và tương đối bền trong môi trường nước.

vii) Các vi sinh vật gây bệnh

Nhiều vi sinh vật gây bệnh có mặt trong nước gây tác hại cho mục đích sử dụng nước trong sinh hoạt. Các sinh vật này có thể truyền hay gây bệnh cho người. Các sinh vật gây bệnh này vốn không bắt nguồn từ nước, chúng cần có vật chủ để sống ký sinh, phát triển và sinh sản. Một số các sinh vật gây bệnh có thể sống một thời gian khá dài trong nước và là nguy cơ truyền bệnh tiềm tàng. Các sinh vật này là vi khuẩn, virus, động vật đơn bào, giun sán. Ngoài ra còn có một số chất như các chất có màu, các chất gây mùi vị, v.v.

Đến nay, trên thế giới có nhiều phương pháp xử lý nước đang được áp dụng, trong đó một số phương pháp xử lý thông dụng phải kể đến bao gồm:

1. Phương pháp xử lý nước thải bằng cơ-lý học

Trong nước thải thường chứa các chất không tan ở dạng lơ lửng. Để tách các chất này ra khỏi nước thải sử dụng các phương pháp cơ học như lọc qua song chắn rác hoặc lưới chắn rác, lắng dưới tác dụng của trọng lực hoặc lực ly tâm và lọc. Tùy theo kích thước, tính chất lý hóa, nồng độ chất lơ lửng, lưu lượng nước thải và mức độ cần làm sạch mà lựa chọn công nghệ xử lý thích hợp.

1.1. Xử lý nước thải bằng phương pháp sử dụng song chắn rác

Trong phương pháp này, nước thải trước khi đi vào hệ thống xử lý được cho đi qua song chắn rác, tại đây các loại rác trôi nổi có kích thước lớn như giấy, rác, vỏ đồ hộp, rác cây, bao nylon, v.v., sẽ được giữ lại. Rác có kích thước lớn sẽ được giữ lại ở song chắn rác nên tránh được tắc bơm, đường ống hoặc kênh dẫn nước thải. Chắn rác là bước quan trọng nhằm đảm bảo an toàn và điều kiện làm việc thuận lợi cho cả hệ thống xử lý nước thải.

Song chắn rác được phân thành tùy theo kích thước khe hở, loại thô, trung bình và mịn. Song chắn rác thô có khoảng cách giữa các thanh từ 60 – 100 mm và song chắn rác mịn có khoảng cách giữa các thanh từ 10 – 25 mm. Theo hình dạng có thể phân thành song chắn rác và lưới chắn rác. Song chắn rác cũng có thể đặt cố định hoặc di động.

Song chắn rác thường được làm bằng kim loại, đặt ở cửa vào kênh dẫn của song chắn có thể tròn, vuông hoặc hỗn hợp. Song chắn tiết diện tròn có trở lực nhỏ nhất nhưng nhanh bị tắc bởi các vật giữ lại. Do đó, thông dụng hơn cả là thanh có tiết diện hỗn hợp, cạnh vuông góc phía sau và cạnh tròn phía trước hướng đối diện với dòng chảy.

1.2. Xử lý nước thải bằng phương pháp lắng cát

Phương pháp này tận dụng bể lắng cát để tách các tạp chất vô cơ không tan có kích thước từ 0,2mm đến 2mm ra khỏi nước thải nhằm đảm bảo an toàn cho bơm khỏi bị cát, sỏi bào mòn, tránh tắc đường ống dẫn và tránh ảnh hưởng đến các công đoạn xử lý sau. Bể lắng cát chia thành hai loại: bể lắng ngang và bể lắng đứng. Vận tốc dòng chảy trong bể lắng ngang thường không được vượt quá 0,3 m/s. Vận tốc này cho phép các hạt cát, các hạt sỏi và các hạt vô cơ khác lắng xuống đáy, còn hầu hết các hạt hữu cơ khác không lắng và được xử lý ở các công đoạn tiếp theo.

Ngoài ra để tăng hiệu quả lắng cát, bể lắng cát thổi khí cũng được sử dụng rộng rãi.

1.3. Xử lý nước thải bằng tuyển nổi

Phương pháp tuyển nổi thường được sử dụng để tách các tạp chất ở dạng rắn hoặc lỏng phân tán không tan, tự lắng kém khỏi pha lỏng. Trong một số trường hợp khác quá trình này còn được dùng để tách các chất hòa tan như các chất hoạt động bề mặt. Trong xử lý nước thải, quá trình tuyển nổi thường được sử dụng để khử các chất lơ lửng, làm đặc bùn sinh học.

Ưu điểm cơ bản của phương pháp này là có thể khử hoàn toàn các hạt nhỏ, nhẹ, lắng chậm trong thời gian ngắn.

2. Xử lý nước thải bằng phương pháp hóa-lý

2.1. Xử lý nước thải bằng phương pháp trung hòa

Phương pháp trung hòa thường áp dụng cho nước thải chứa axit vô cơ hoặc kiềm nên cần được trung hòa để đưa pH về mức 6,5 – 8,5 trước khi nước thải được đưa vào nguồn nhận hoặc công nghệ xử lý tiếp theo. Quá trình trung hòa nước thải có thể thực hiện bằng nhiều cách:

- Trộn lẫn nước thải axit và nước thải kiềm;
- Bổ sung hóa chất;
- Lọc nước axit qua vật liệu có tác dụng trung hòa; hoặc
- Hấp thụ khí axit bằng nước kiềm hoặc hấp thụ amoniac bằng nước axit.

2.2. Xử lý nước thải bằng keo tụ tạo bông

Trong nước thải, các hạt một phần thường tồn tại ở dạng keo mịn phân tán, kích thước thường từ 0,1 – 10 micromet. Các hạt này lơ lửng không nổi cũng không lắng mà lơ lửng nên tương đối khó tách loại. Vì kích thước hạt nhỏ, tỷ số diện tích bề mặt và thể tích của chúng rất lớn nên hiện tượng hóa học bề mặt trở nên rất quan trọng. Trạng thái lơ lửng của các hạt keo được bền hóa nhờ lực đẩy tĩnh điện. Để phá vỡ tính bền của hạt keo cần trung hòa điện tích bề mặt quá trình này được gọi

là “quá trình keo tụ”. Các hạt keo đã bị trung hòa điện tích có thể liên kết với các hạt keo khác tạo thành bông cặn có kích thước lớn hơn, nặng hơn và nhờ đó lắng xuống, quá trình này được gọi là quá trình tạo bông.

3. Xử lý nước thải bằng phương pháp sinh học

Phương pháp sinh học trong xử lý nước thải được ứng dụng để xử lý các chất hữu cơ hòa tan có trong nước thải cũng như một số chất vô cơ như H_2S , sulfít, amoni, nitơ, v.v. Các vi sinh vật sử dụng chất hữu cơ và một số khoáng chất để làm thức ăn nên dựa trên hoạt động của vi sinh vật để phân hủy các chất hữu cơ gây ô nhiễm. Một cách tổng quát, phương pháp xử lý sinh học có thể phân thành hai loại:

- Phương pháp kỵ khí: sử dụng nhóm vi sinh vật kỵ khí, hoạt động trong điều kiện không có oxy;

- Phương pháp hiếu khí: sử dụng nhóm vi sinh vật hiếu khí, hoạt động trong điều kiện cần cung cấp oxy liên tục.

Quá trình phân hủy các chất hữu cơ trong nước thải nhờ vi sinh vật gọi là quá trình oxy hóa sinh hóa. Trong quá trình thực hiện các chất hữu cơ hòa tan, cả chất keo và chất phân tán nhỏ trong nước thải cần di chuyển vào bên trong tế bào vi sinh vật theo ba giai đoạn như sau:

- Chuyển các chất ô nhiễm từ pha lỏng đến bề mặt tế bào vi sinh vật;
- Khuếch tán từ bề mặt tế bào qua màng bán thấm do sự chênh lệch nồng độ bên trong và bên ngoài tế bào;
- Chuyển hóa các chất trong tế bào vi sinh vật, sản sinh năng lượng và tổng hợp tế bào mới.

Tốc độ quá trình oxy hóa sinh hóa phụ thuộc vào nồng độ chất hữu cơ, hàm lượng các tạp chất và mức độ ổn định của lưu lượng nước thải vào hệ thống xử lý. Ở mỗi điều kiện xử lý nhất định, các yếu tố chính ảnh hưởng đến tốc độ phản ứng sinh hoá là chế độ thủy động, hàm lượng oxy trong nước thải, nhiệt độ, pH, dinh dưỡng và các yếu tố vi lượng.

3.1. Xử lý nước thải bằng sinh học kỵ khí

Quá trình phân hủy các chất hữu cơ bằng kỵ khí là quá trình sinh hóa phức tạp tạo ra nhiều sản phẩm trung gian và phản ứng trung gian. Phản ứng sinh hóa trong điều kiện kỵ khí có thể biểu diễn theo phương trình sau:

Vi sinh vật

Chất hữu cơ $\rightarrow CH_4 + CO_2 + H_2 + NH_3 + H_2S +$ Tế bào mới

Quá trình phân hủy kỵ khí xảy ra theo bốn giai đoạn:

- Giai đoạn 1: thủy phân, cắt mạch các hợp chất cao phân tử;
- Giai đoạn 2: axit hóa;
- Giai đoạn 3: axetat hóa; và
- Giai đoạn 4: metan hóa.

Các chất thải hữu cơ chứa nhiều chất hữu cơ cao phân tử như protein, chất béo, cacbo hydrat, xenluloza, lignin, v.v., trong giai đoạn thủy phân, sẽ được cắt mạch tạo những phân tử đơn giản hơn, dễ phân hủy hơn. Tùy theo trạng thái của bùn, có thể chia quá trình xử lý kỵ khí trong xử lý nước thải thành:

- Quá trình xử lý kỵ khí với vi sinh vật dạng lơ lửng như quá trình tiếp xúc kỵ khí, quá trình xử lý bằng lớp bùn kỵ khí với dòng nước đi từ dưới lên; và
- Quá trình xử lý kỵ khí với vi sinh vật sinh trưởng dạng dính bám như quá trình lọc kỵ khí.

3.2. Xử lý nước thải bằng phương pháp sinh học hiếu khí

Quá trình xử lý sinh học hiếu khí để xử lý nước thải chia thành ba giai đoạn:

- Oxy hóa các chất hữu cơ;
- Tổng hợp tế bào mới; và
- Phân hủy nội bào.

Các quá trình xử lý sinh học bằng phương pháp hiếu khí trong bể xử lý nước thải có thể xảy ra ở điều kiện tự nhiên hoặc nhân tạo. Trong quá trình xử lý nhân tạo điều kiện tối ưu cho quá trình oxy hóa sinh hóa nên có tốc độ và hiệu suất cao hơn rất nhiều. Tùy theo trạng thái tồn tại của vi sinh vật mà quá trình xử lý sinh học hiếu khí nhân tạo có thể chia thành:

– Xử lý sinh học hiếu khí với vi sinh vật sinh trưởng dạng lơ lửng chủ yếu được sử dụng để khử chất hữu cơ chứa cacbon như quá trình bùn hoạt tính, hồ làm thoáng, bể phản ứng hoạt động gián đoạn, quá trình lên men phân hủy hiếu khí. Trong số các quá trình này, quá trình bùn hoạt tính là quá trình phổ biến nhất;

– Xử lý sinh học hiếu khí với vi sinh vật sinh trưởng dạng dính bám như quá trình bùn hoạt tính dính bám, bể lọc nhỏ giọt, bể lọc cao tải, đĩa sinh học, bể phản ứng nitrat với màng cố định.

Ngoài ra, sự phát triển của công nghệ than hoạt tính sinh học (BAC) trên cơ sở phát triển của công nghệ than hoạt tính cũng đã được nghiên cứu và áp dụng để xử lý nước. Than hoạt tính được sử dụng như một loại môi trường hấp thụ đóng vai trò quan trọng trong việc hoàn thiện quy trình xử lý thông thường. Hơn nữa, công nghệ than hoạt tính trở thành một trong những quy trình hoàn hảo và hiệu quả nhất để loại bỏ các chất ô nhiễm hữu cơ trong nước. Loại bỏ mùi trong nước thô có thể được coi là nỗ lực đầu tiên của than hoạt tính trong vai trò xử lý nước. Nhà máy xử lý nước đầu tiên sử dụng bể hấp phụ than hoạt tính dạng hạt được xây dựng vào năm 1930 tại Philadelphia, Hoa Kỳ. Trong những năm 1960-1970, các nước phương Tây phát triển bắt đầu sử dụng công nghệ than hoạt tính trong xử lý nước uống để tăng cường loại bỏ các chất ô nhiễm hữu cơ.

Từ đầu những năm 1970, nghiên cứu và ứng dụng than hoạt tính sinh học đã được tiến hành ở quy mô lớn. Vào năm 1976, Cơ quan Bảo vệ Môi trường Hoa Kỳ (US EPA) đã quy định rằng quy trình xử lý bằng than hoạt tính phải được áp dụng trong quá trình xử lý nước uống ở khu vực thành thị với dân số hơn 150.000 người. Năm 1988, các yêu cầu chất lượng đối với nước uống được cải tiến ở Nhật Bản và

trong những năm 1988-1992, các nhà máy xử lý nước Kanamachi, Asaka, Kunijima và Toyono đã sử dụng công nghệ than hoạt tính sinh học.

Cho đến nay, công nghệ than hoạt tính sinh học đã trở thành quy trình chính trong công nghệ xử lý nước tiên tiến, thường được sử dụng ở các nước phát triển như Mỹ, Nhật Bản, Hà Lan, Thụy Sĩ, v.v. Công nghệ bể lọc tiếp xúc sinh học (U-BCF) là một công nghệ tiên tiến và thân thiện với môi trường đã được nghiên cứu và phát triển tại thành phố Kitakyushu, Nhật Bản bằng việc sử dụng cơ chế sinh học để xử lý, giảm thiểu các chất ô nhiễm như các chất hữu cơ, amoni, nitrit, mangan hòa tan với hiệu quả cao. Nguyên lý hoạt động uBCF là loại bể lọc tiếp xúc sinh học, sử dụng than hoạt tính dạng hạt làm môi trường cho các sinh vật sinh sống. Các vi sinh vật này có tác dụng ăn các chất hữu cơ, amoni, nitơ, mangan, sắt, chất hoạt động bề mặt, mùi, v.v. Quy trình hoạt động của bể uBCF là nước thô đi dưới lên trên, xuyên qua lớp than hoạt tính, sau đó được thu vào máng ở phần trên của bể và đi vào các công đoạn sản xuất khác cho đến khi thành nước sạch theo tiêu chuẩn quy định. Công nghệ này có đặc điểm thân thiện với môi trường và chi phí vận hành thấp.

Ở Việt Nam, công nghệ bể lọc tiếp xúc sinh học bắt đầu được quan tâm trong những năm gần đây. Tại Hải Phòng, hiệu quả của công nghệ này đã được kiểm chứng qua giai đoạn thử nghiệm trên các cột lọc thí nghiệm và trên khối bể lọc U-BCF công suất 5000 m³/ngày tại nhà máy nước Vĩnh Bảo. Tại Long An, nhà máy nước Nhị Thành công suất 30000 m³/ngày cũng đang áp dụng công nghệ bể lọc uBCF. Ngoài ra Tổng công ty cấp nước Sài Gòn (SAWACO) bước đầu cũng đã thí điểm thành công trên pilot công nghệ uBCF tại trạm bơm Hòa Phú (từ năm 2014-2017) giúp giảm đáng kể hàm lượng các chất ô nhiễm (amoni, mangan, chất hữu cơ, độ đục, v.v.), từ đó giảm nhu cầu sử dụng hóa chất dùng cho những công trình xử lý sau, đặc biệt là hóa chất clo. Bên cạnh đó, công nghệ bể lọc uBCF cũng đang được quan tâm nghiên cứu tại các công ty cấp nước trên toàn quốc như Quảng Ninh, Nam Định, Phú Thọ, Tiền Giang.

Tuy nhiên mô hình kết hợp của bể lọc tiếp xúc sinh học cùng bể lắng lọc thông minh, chất lượng cao, thân thiện môi trường trong xử lý nước sạch tại Việt Nam vẫn chưa được nghiên cứu rộng rãi. Vấn đề nghiên cứu áp dụng các ứng dụng mới để nâng cao chất lượng nước xử lý, góp phần bảo vệ môi trường là rất cần thiết. Việc ứng dụng bể lọc tiếp xúc sinh học cùng bể lắng lọc thông minh, chất lượng cao, thân thiện môi trường trong xử lý nước sạch trong tương lai sẽ đem lại hiệu quả kinh tế, kỹ thuật phù hợp cho các nhà máy cũng như là một trong những lựa chọn ưu tiên hàng đầu để xử lý nguồn nước không ổn định, đặc biệt là nguồn nước bị ô nhiễm; góp phần hiện đại hóa ngành nước và bảo vệ môi trường.

Trong giai đoạn 2017-2018, các tác giả giải pháp hữu ích đã nghiên cứu thành công giải pháp “Bể lắng lọc thông minh, chất lượng cao, thân thiện môi trường” để xử lý hiệu quả các nguồn nước có hàm lượng vô cơ cao và được áp dụng rộng rãi. Tuy nhiên, cho đến nay, để xử lý triệt để nguồn nước bị ô nhiễm hữu cơ ứng dụng bể lọc tiếp xúc sinh học cùng bể lắng lọc thông minh, chất lượng cao, thân thiện môi trường trong xử lý nước sạch đảm bảo cấp nước an toàn để tạo thành một quy trình xử lý nước hoàn hảo có chất lượng nước sạch vẫn chưa được nghiên cứu.

Bản chất kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Vấn đề kỹ thuật cần được giải quyết

Trước áp lực duy trì bền vững cấp nước an toàn và tiến đến cấp nước an toàn, chất lượng, đảm bảo an ninh nước trong bối cảnh biến đổi khí hậu, tốc độ đô thị hóa và công nghiệp phát triển mạnh, chất lượng nước nguồn suy giảm và với công nghệ xử lý nước truyền thống hiện nay, chủ yếu sử dụng quá trình keo tụ, lắng ngang, lắng lamén và bể lọc cát thông thường, v.v., về cơ bản chỉ xử lý được một số hàm lượng vô cơ, đối với các nguồn nước ô nhiễm hữu cơ cao thì xử lý không hiệu quả. Do đó, có nhu cầu đối với thiết bị và phương pháp xử lý nước sạch mà cho phép loại bỏ các chất gây ô nhiễm triệt để hơn, có thể xử lý hiệu quả hơn các loại nguồn nước mặt bị ô nhiễm.

Do đó, mục đích của giải pháp hữu ích là phát triển công nghệ xử lý nước hiện đại, đồng bộ, đảm bảo xử lý hiệu quả các chất ô nhiễm vô cơ và hữu cơ trong nước nguồn, áp dụng cho các nhà máy xử lý nước sạch với chi phí đầu tư xây dựng và vận hành thấp, đảm bảo thân thiện môi trường.

Mục đích khác của giải pháp hữu ích là đề xuất bể lọc tiếp xúc sinh học, hệ thống và phương pháp xử lý nước chất lượng cao, thân thiện với môi trường trong việc xử lý nước sạch mà vận hành ổn định do không xảy ra hiện tượng tắc nghẽn bể lọc và tối ưu hóa vai trò loại bỏ chất ô nhiễm và chất độc hại của bể lọc.

Cách thức giải quyết vấn đề

Bằng các nghiên cứu sâu rộng với nhiều loại thí nghiệm khác nhau để lựa chọn các thông số kỹ thuật phù hợp với đặc điểm từng nguồn nước để lựa chọn các thông số, điều kiện vận hành nhằm tối ưu hóa quá trình xử lý, các tác giả giải pháp hữu ích đã phát hiện ra rằng bể lọc tiếp xúc sinh học với cách thức bố trí của các cấu phần và kích thước cụ thể sẽ giúp xử lý loại bỏ các chất thải vô cơ và hữu cơ một cách triệt để ra khỏi nguồn nước ô nhiễm cao, đặc biệt khi bể lọc này được kết hợp vận hành với bể lắng theo giải pháp của giải pháp hữu ích. Từ phát hiện này, các tác giả giải pháp hữu ích đã tạo ra giải pháp kỹ thuật xử lý khác biệt trong thiết kế và xây dựng, với các thông số vận hành tối ưu được chọn thông qua các thí nghiệm, bằng cách ứng dụng bể lọc tiếp xúc sinh học cùng với bể lắng lọc, với cách thức bố trí khác biệt hiệu quả, trong phương pháp xử lý nước cấp, nhằm xử lý các nguồn nước bị ô nhiễm, cho phép loại bỏ các chất gây ô nhiễm triệt để hơn, có thể xử lý hiệu quả hơn các loại nguồn nước mặt bị ô nhiễm, thích hợp để ứng dụng trong ngành cấp nước ở Việt Nam.

Cụ thể hơn, để đạt được các mục đích trên đây, theo khía cạnh thứ nhất, giải pháp hữu ích đề xuất bể lọc tiếp xúc sinh học, bể lọc này bao gồm:

- a) lớp chứa các hạt than hoạt tính sinh học;
- b) các lớp sỏi đỡ,
- c) lớp đan lọc;

đặc trưng ở chỗ:

i) tỷ lệ theo chiều cao của lớp chứa hạt than hoạt tính/mỗi lớp sỏi đỡ/lớp đan lọc là khoảng 40/1/4;

ii) các hạt than hoạt tính có kích thước nằm trong khoảng từ 0,4 đến 0,8mm, tốt hơn là khoảng 0,4 đến 0,6 mm, tốt nhất là khoảng 0,4 đến 0,5mm;

iii) các lớp sỏi bao gồm lớp sỏi thứ nhất, lớp sỏi thứ hai, lớp sỏi thứ ba và lớp sỏi thứ tư chứa sỏi có kích thước nằm trong khoảng 2 đến 20mm, trong đó lớp sỏi thứ nhất chứa sỏi có kích thước khoảng 2 đến 3mm, lớp sỏi thứ hai chứa sỏi có kích thước khoảng 3 đến 6mm, lớp sỏi thứ ba chứa sỏi có kích thước khoảng 6 đến 12mm và lớp sỏi thứ tư chứa sỏi có kích thước khoảng 12 đến 20mm;

và trong đó:

các thành phần cấu thành trên đây được bố trí theo hướng từ trên xuống theo thứ tự: lớp chứa các hạt than hoạt tính, các lớp sỏi đỡ và lớp đan lọc.

Theo một phương án được ưu tiên của bể lọc của khía cạnh thứ nhất, chiều cao của a) lớp chứa các hạt than hoạt tính là khoảng 200 cm; chiều cao của mỗi trong số b) các lớp sỏi đỡ là khoảng 5 cm; và chiều cao của c) lớp đan lọc là khoảng 20 cm.

Theo một phương án được ưu tiên khác của bể lọc của khía cạnh thứ nhất, các hạt than hoạt tính có kích thước nằm trong khoảng 0,4 đến 0,5mm.

Theo khía cạnh thứ hai, giải pháp hữu ích còn đề xuất hệ thống xử lý nước, đặc trưng ở chỗ, hệ thống này bao gồm bể lọc theo phương án bất kỳ trên đây của khía cạnh thứ nhất.

Theo một phương án được ưu tiên của hệ thống theo khía cạnh thứ hai, hệ thống này còn bao gồm bể lắng.

Theo phương án được ưu tiên khác của hệ thống theo khía cạnh thứ hai, bể lọc được bố trí sau bể lắng.

Theo phương án được ưu tiên khác của hệ thống theo khía cạnh thứ hai, hệ thống này còn bao gồm bể lọc cát thạch anh.

Theo phương án được ưu tiên khác của hệ thống theo khía cạnh thứ hai, bể lọc cát thạch anh được bố trí sau bể lọc.

Theo phương án được ưu tiên khác của hệ thống theo khía cạnh thứ hai, bể lọc cát thạch anh bao gồm lớp than antraxit, lớp cát thạch anh, lớp sỏi đỡ và đan lọc nước được bố trí theo hướng từ trên xuống theo thứ tự được mô tả.

Theo phương án được ưu tiên khác của hệ thống theo khía cạnh thứ hai, lớp cát thạch anh có kích thước khoảng 0,5 đến 0,8 mm.

Theo khía cạnh thứ ba, giải pháp hữu ích còn đề xuất phương pháp xử lý nước để xử lý các nguồn nước bị ô nhiễm, phương pháp này bao gồm các bước:

i) trộn đều nước nguồn với chất keo tụ và chất trợ lắng, trước khi được chuyển vào bể lắng;

ii) chuyển nước từ bể lắng của bước i) sang bể lọc tiếp xúc sinh học, đặc trưng ở chỗ, bể lọc này là bể lọc theo phương án bất kỳ trong số các phương án của khía cạnh thứ nhất;

iii) bổ sung clo vào nước sau bể lọc của bước ii), và sau đó chuyển vào bể lọc, đặc trưng ở chỗ, bể lọc này là bể lọc cát thạch anh như được mô tả trong khía cạnh thứ hai.

Theo một phương án được ưu tiên của phương pháp của khía cạnh thứ ba, phương pháp này còn bao gồm bước:

iv) bổ sung clo vào nước sau bể lọc cát thạch anh của bước iii) trước khi được chuyển vào bể chứa phân phối.

Theo phương án được ưu tiên khác của phương pháp của khía cạnh thứ ba, nước được trộn đều với chất keo tụ PAC và chất trợ lắng bằng thiết bị trộn tĩnh, được bố trí trên đường ống nước, và ra khỏi bể lắng của bước i) được loại bỏ hầu hết cặn vô cơ và một phần cặn hữu cơ từ nước nguồn và loại bỏ đến khoảng 90% độ đục, 70% độ màu, 60% Fe, 50% Mn, 35% nhu cầu oxy hóa học (COD), 55% amoni (NH_4^+), 60% nitrit (NO_2^-) và khoảng 70% tảo.

Theo phương án được ưu tiên khác của phương pháp của khía cạnh thứ ba, nước được cho đi vào bể lọc của bước ii) từ dưới đáy bể, phân phối đều dưới lớp than hoạt tính sinh học và đi lên bề mặt bể lọc với tốc độ ổn định khoảng từ 10 đến $15\text{m}^3/\text{m}^2/\text{h}$.

Theo phương án được ưu tiên khác của phương pháp của khía cạnh thứ ba, nước đi lên bề mặt bể lọc với tốc độ ổn định khoảng $13\text{m}^3/\text{m}^2/\text{h}$.

Theo phương án được ưu tiên khác của phương pháp của khía cạnh thứ ba, nước được cho đi vào bể lọc của bước ii) từ dưới đáy bể, phân phối đều dưới lớp than hoạt tính sinh học, trong đó lớp than hoạt tính có thể được giãn nở theo chiều dày lên đến khoảng 1,5 lần và nước được loại bỏ đến khoảng 90% COD, 90% nitrit, 95% amoni, 95% phosphat (PO_4^{3-}), 85% Fe, 75% Mn và khoảng 95% tảo.

Theo phương án được ưu tiên khác của phương pháp của khía cạnh thứ ba, bể lọc tiếp xúc sinh học được rửa lọc định kỳ để loại bỏ các chất bẩn ra khỏi bể lọc này.

Theo phương án được ưu tiên khác của phương pháp của khía cạnh thứ ba, clo được bổ sung vào nước sau bể lọc của bước ii), và sau đó nước này chuyển vào bể lọc cát thạch anh để loại bỏ hoàn toàn Fe, Mn và các hạt cặn lơ lửng còn sót lại.

Hiệu quả có lợi của giải pháp hữu ích

Giải pháp hữu ích đề xuất kỹ thuật xử lý khác biệt trong thiết kế và xây dựng, với các thông số vận hành tối ưu được chọn thông qua các thí nghiệm (mà sẽ được mô tả một cách chi tiết hơn nữa dưới đây), bằng cách ứng dụng bể lọc tiếp xúc sinh học cùng với bể lắng lọc, với cách thức bố trí khác biệt hiệu quả, trong phương pháp xử lý nước cấp, nhằm xử lý các nguồn nước bị ô nhiễm, cho phép loại bỏ các chất gây ô nhiễm triệt để hơn, có thể xử lý hiệu quả hơn các loại nguồn nước mặt bị ô nhiễm, thích hợp để ứng dụng trong ngành cấp nước ở Việt Nam.

Cụ thể hơn, giải pháp hữu ích đạt được các lợi ích sau đây:

1. Nghiên cứu áp dụng thành công và hiệu quả công nghệ bể lọc tiếp xúc sinh học cùng với bể lắng lọc, chất lượng cao, thân thiện môi trường trong xử lý nước cấp nhằm xử lý các nguồn nước bị ô nhiễm là giải pháp mới nhất hiện nay trong ngành cấp nước ở Việt Nam, trong đó:

- Công nghệ bể lọc tiếp xúc sinh học là bể lọc ngược sử dụng than hoạt tính dạng hạt làm giá thể để các loại vi sinh vật phân hủy, xử lý các chất ô nhiễm hữu cơ nên không cần phải hoàn nguyên hay thay thế than hoạt tính trong bể lọc mà chỉ cần bổ sung lượng than bị trôi (theo tính toán, khoảng 10%);

- Nước sau bể lắng đã được loại bỏ các thành phần cặn lơ lửng và rêu rác nên khi đi qua bể lọc tiếp xúc sinh học sẽ không gây ra hiện tượng tắc nghẽn bể lọc và giúp bể lọc tiếp xúc phát huy tối đa vai trò loại bỏ ô nhiễm hữu cơ và độc chất;

- Bể lọc tiếp xúc sinh học được nghiên cứu đặt sau bể lắng chất lượng cao, thân thiện môi trường giúp cho quá trình loại bỏ các chất ô nhiễm hữu cơ được triệt để hơn và quy trình công nghệ này có thể xử lý hiệu quả các loại nguồn nước mặt bị ô nhiễm hiện nay;

- Bể lọc tiếp xúc sinh học được đặt trước bể lọc cát giúp loại bỏ Fe (Fe^{2+}), Mn (Mn^{2+}), các chất bẩn còn lại, vụn than trôi tại bể lọc cát trước khi vào bể chứa, đảm bảo chất lượng nước an toàn và ngon;

- Bể lọc tiếp xúc sinh học được các tác giả chủ động thiết kế, xây dựng và thí nghiệm lựa chọn thông số vận hành;

- Tổng thể công nghệ bể lắng-bể lọc tiếp xúc sinh học-bể lọc cát chất lượng cao là một quy trình xử lý nước hoàn hảo đảm bảo nước sau xử lý có chất lượng tốt nhất;

- Các công đoạn châm hóa chất, điều chỉnh tốc độ lọc, rửa lọc và giám sát chất lượng nước được thực hiện tự động hóa bằng các cảm biến (sensor).

2. Nâng cao chất lượng nước, duy trì cấp nước an toàn bền vững

Các tác giả giải pháp hữu ích đã nghiên cứu ứng dụng đồng bộ công nghệ bể lọc tiếp xúc sinh học vào bể lắng chất lượng cao, thân thiện môi trường giúp quá trình loại bỏ các hợp chất ô nhiễm amonia, nitrit, nitrat, COD tốt nhất. Mặt khác, than hoạt tính dạng hạt có tính chất hấp phụ các loại độc chất có nguồn gốc từ thuốc bảo vệ thực vật, màu mùi của nước, nhờ đó tạo ra tổng thể giải pháp công nghệ xử lý nước hoàn hảo với mọi sự thay đổi về chất lượng nước nguồn, giúp duy trì bền vững cấp nước an toàn và ngon, đảm bảo an ninh nước.

3. Giảm chi phí hóa chất xử lý nước và chi phí thuê đơn vị bên ngoài tư vấn, thiết kế

Trước khi áp dụng bể lọc tiếp xúc sinh học vào công nghệ xử lý nước thì hàng năm vào những thời điểm nắng nóng kéo dài, dòng chảy trên các lưu vực sông chậm, các chỉ tiêu ô nhiễm hữu cơ (amonia, nitrit, COD, v.v.) trong nguồn nước tăng, rong tảo phát triển mạnh gây ra màu và mùi rêu mốc làm suy giảm chất lượng

nước nguồn, do đó các nguồn nước này thường phải xử lý bằng sử dụng than hoạt tính dạng bột, lọc than hoạt tính dạng hạt sau bể lọc cát thạch anh và kết hợp xử lý clo đầu nguồn cho các nhà máy. Ngoài ra, công nghệ Ozon kết lọc than hoạt tính hạt sau lọc cát thạch anh cũng được ứng dụng. Tuy nhiên, việc xử lý clo đầu nguồn để loại bỏ rong tảo và oxy hóa các hợp chất hữu cơ có nguy cơ hình thành các hợp chất trihalometan (Trihalomethane – THM), xử lý than hoạt tính dạng bột để hấp thụ màu mùi của nước, xử lý bằng Ozon với chi phí rất cao, sử dụng bể lọc than hoạt tính lọc xuôi đặt sau bể lọc cát thì định kỳ phải tốn chi phí hoàn nguyên và thay mới. Giải pháp hữu ích sử dụng bể lọc tiếp xúc sinh học đã không còn xử lý clo đầu nguồn và hàng năm vào mùa nắng nóng không còn sử dụng than hoạt tính bột để xử lý giúp tiết kiệm rất nhiều (hàng tỷ đồng) chi phí hóa chất.

Ngoài ra, việc tạo ra giải pháp công nghệ bể lọc tiếp xúc sinh để áp dụng vào xử lý nước cấp, qua quá trình thử nghiệm với các loại nguồn nước khác nhau với nhiều loại thí nghiệm khác nhau để lựa chọn các thông số kỹ thuật phù hợp với đặc điểm từng nguồn nước, các tác giả giải pháp hữu ích đã làm chủ công nghệ này nên công tác thiết kế và thi công là hoàn toàn độc lập và tự chủ mà không phải thuê các đơn vị nước ngoài tư vấn nên giảm giá thành thiết kế và xây dựng.

4. Đưa chất lượng nước lên tầm cao mới

Giải pháp kỹ thuật theo giải pháp hữu ích cho phép xử lý các nguồn nước bị ô nhiễm, giúp loại bỏ các chất gây ô nhiễm (vô cơ và hữu cơ) triệt để hơn, nhờ đó đưa chất lượng nước lên tầm cao mới nhằm góp phần phát triển kinh tế-xã hội, tạo điều kiện thuận lợi cho xúc tiến đầu tư, phát triển các công nghệ xử lý nước. Ngoài ra, giải pháp hữu ích đề xuất công nghệ xử lý nước áp dụng đồng bộ giữa công nghệ bể lọc tiếp xúc sinh học với với bể lắng chất lượng cao, thân thiện môi trường là một trong những bước tiến đột phá về mặt kỹ thuật trong ngành cấp nước Việt Nam hướng tới mục tiêu duy trì bền vững cấp nước uống an toàn và ngon, đảm bảo an ninh về nước.

5. Cung cấp giải pháp xử lý nước khác biệt, hiệu quả

Ngoài ra, giải pháp theo giải pháp hữu ích được cho là không chỉ hoàn toàn khác biệt với các giải pháp đã biết xét về các bước thực hiện, điều kiện thực hiện, thông số vận hành, mà giải pháp theo giải pháp hữu ích còn có thể dùng làm cơ sở cho các nghiên cứu tiếp theo trong lĩnh vực xử lý nước. Nói cách khác, giải pháp hữu ích giải quyết được vấn đề cả về tính thực tiễn và học thuật. Cụ thể là, giải pháp theo giải pháp hữu ích phù hợp với điều kiện chế tạo và ứng dụng tại Việt Nam và còn được sử dụng làm cơ sở tham khảo cho các nghiên cứu tiếp theo liên quan trong lĩnh vực kỹ thuật này.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Sau đây, giải pháp hữu ích sẽ được mô tả với sự tham chiếu đến hình vẽ, trong đó:

Hình 1 là mô hình thiết kế bể lọc tiếp xúc sinh học theo một phương án cụ thể được ưu tiên theo giải pháp hữu ích;

Hình 2 là hình vẽ minh họa quá trình loại bỏ các chất ô nhiễm trên bề lọc tiếp xúc sinh học;

Hình 3 là hình vẽ minh họa hệ thống xử lý nước theo một phương án cụ thể được ưu tiên theo giải pháp hữu ích;

Hình 4 là hình vẽ minh họa mô hình thiết kế bề lọc tiếp xúc sinh học theo một phương án cụ thể được ưu tiên theo giải pháp hữu ích;

Hình 5 là hình vẽ minh họa thử nghiệm vận tốc lọc của bề lọc tiếp xúc sinh học theo một phương án cụ thể được ưu tiên theo giải pháp hữu ích; và

Hình 6 là hình vẽ thể hiện sơ đồ công nghệ thí nghiệm vị trí đặt bề lọc tiếp xúc sinh học theo một phương án cụ thể được ưu tiên theo giải pháp hữu ích.

Mô tả chi tiết giải pháp hữu ích

Sau đây, giải pháp hữu ích còn được mô tả thông qua các phương án cụ thể minh họa và mô tả chi tiết hơn nữa cho giải pháp hữu ích liên quan đến các hiệu quả kỹ thuật cụ thể và hiệp đồng mà giải pháp hữu ích tạo ra. Ngoài ra, cần phải hiểu rằng, các phương án cụ thể sau đây được mô tả chỉ với mục đích minh họa cho giải pháp hữu ích và giải pháp hữu ích không chỉ giới hạn ở các phương án cụ thể này. Rõ ràng là, người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này, trên cơ sở các nội dung mô tả trong bản mô tả này, có thể thực hiện các phương án tương đương mà không nằm ngoài phạm vi của giải pháp hữu ích như được mô tả trong yêu cầu bảo hộ kèm theo sau đây.

Trong bản mô tả này, thuật ngữ “khoảng” trước các giá trị số được dùng để chỉ chính giá trị số đó cũng như các giá trị số nằm trong khoảng $\pm 10\%$, tốt hơn là $\pm 5\%$, và tốt nhất là 0% của giá trị số đó.

Bề lọc tiếp xúc sinh học

Việc xử lý nguồn nước ô nhiễm do hữu cơ và rong tảo như đề cập với công nghệ xử lý nước truyền thống, không có bể lắng lọc và bể uBCF, hoàn toàn không khả thi, hàm lượng tảo luôn có mặt trong nước sau xử lý khoảng 30 - 40 tế bào/L gây ra mùi hôi khó chịu trong nước sinh hoạt và ăn uống.

Bên cạnh đó, trước đây với nguồn nước có hàm lượng hữu cơ cao (COD: 2 – 4 mg/l; NH_4^+ : 0,2 – 0,5 mg/l; NO_2^- : 0,04 – 0,2 mg/l), lượng tảo: 1000000 tế bào/l, thì nước sau lắng (COD: 1,5 – 2,5 mg/l; NH_4^+ : 0,08 – 0,3 mg/l; NO_2^- : 0,03 – 0,10 mg/l) vẫn còn tảo lên đến 20000 – 30000 tế bào/L, và nước sau lọc (COD: 0,5 – 1,2 mg/l; NH_4^+ : 0,05 – 0,10 mg/l; NO_2^- : 0,009 – 0,06 mg/l) vẫn còn tảo lên đến 1000 – 1500 tế bào/L. Do đó, để xử lý hoàn toàn các chất ô nhiễm trên với dây chuyền công nghệ xử lý nước truyền thống cần bổ sung (châm) clo nhiều công đoạn bao gồm đầu nguồn, trước lắng, sau lọc, v.v., để loại bỏ hết Fe, Mn, vật chất hữu cơ, rong, tảo và các hợp chất nitơ. Tuy nhiên, rõ ràng là quá trình xử lý như trên thường tạo ra hợp chất THM, đây là một chất tiền ung thư, gây nguy cơ mắc bệnh ung thư cao đối với con người.

Do đó, theo khía cạnh thứ nhất và như được mô tả trong Hình 1, giải pháp hữu ích khắc phục nhược điểm này bằng cách đề xuất bề lọc tiếp xúc sinh học (đôi

khi, trong bản mô tả này còn được gọi là “bể lọc than hoạt tính sinh học”), bể lọc này bao gồm:

- a) lớp chứa các hạt than hoạt tính sinh học;
- b) các lớp sỏi đỡ, và
- c) lớp đan lọc.

Theo một phương án cụ thể, các cấu phần trên đây được bố trí theo hướng từ trên xuống theo đúng thứ tự đã được mô tả.

a) Lớp chứa các hạt than hoạt tính sinh học

Theo một phương án cụ thể được ưu tiên, lớp (hay cột) chứa các hạt than hoạt tính sinh học theo giải pháp hữu ích chứa các hạt than hoạt tính có kích thước nhỏ, rất nhẹ, nên quá trình nước đi ngược từ dưới lên làm cho các hạt than tách rời nhau và chuyển động lơ lửng trong lớp nước. Để tăng hiệu quả loại bỏ các chất ô nhiễm, các tác giả giải pháp hữu ích đã thực hiện các nghiên cứu về kích thước và chiều cao tối ưu (mà sẽ được mô tả chi tiết hơn dưới đây) đối với lớp chứa các hạt than hoạt tính sinh học và phát hiện ra rằng, các hạt than hoạt tính có kích thước nằm trong khoảng từ 0,4mm – 0,5mm và chiều cao (chiều dày) của lớp (cột) này khoảng 200 cm (2m) sẽ giúp tối ưu hóa vai trò loại bỏ chất ô nhiễm và chất độc hại của bể lọc vì nước di chuyển lên với kích thước của các hạt than hoạt tính nằm trong khoảng này sẽ giúp sự tiếp xúc nước-hạt than xảy ra trên toàn bộ bề mặt của hạt than và chiều cao (chiều dày) nêu trên đủ cho quá trình hấp thụ, phân hủy các vật chất một cách tối ưu và hiệu quả.

Cụ thể hơn, khi nước đi ngược từ dưới bể lọc lên làm cho các hạt than này tách rời nhau và chuyển động lơ lửng trong lớp nước, lúc này lớp than hoạt tính giãn nở ra khoảng 1,5 lần chiều dày, nước di chuyển qua khe hở các hạt than sẽ tiếp xúc với toàn bộ bề mặt của hạt than hoạt tính sinh học, giúp các hạt than hấp thụ oxy hòa tan để nuôi các vi sinh vật sống trên hạt than đó, và nhờ đó chính các vi sinh vật này sẽ phân hủy các hợp chất nitơ, phospho, sắt, mangan, vật chất hữu cơ, tảo, v.v., đồng thời, sinh sôi nảy nở trên bề mặt của các hạt than hoạt tính đó. Khi đó, bể lọc tiếp xúc than hoạt tính sinh học sẽ phát huy tác dụng xử lý, các chất hữu cơ bị loại bỏ lên đến COD: 90%, NO_2^- : 90%, NH_4^+ : 95%, PO_4^{3-} : 95%, Fe: 85%, Mn: 75% và tảo: 95%.

Ngoài ra, như được mô tả trong Hình 2, quá trình loại bỏ các chất ô nhiễm trên bể lọc tiếp xúc sinh học là nhờ hoạt động của vi sinh vật để biến đổi các chất hữu cơ cao phân tử thành hợp chất đơn giản. Cụ thể hơn, ở ngoài cùng của màng là lớp vi khuẩn kỵ khí sẽ giúp khử lưu huỳnh và nitrat. Phần cuối cùng là các động vật nguyên sinh và các sinh vật khác. Vi sinh vật trong màng sinh học sẽ oxy hóa các chất hữu cơ, sử dụng chúng làm nguồn dinh dưỡng và năng lượng. Chất hữu cơ sẽ được tách ra khỏi nước, còn khối lượng của màng sinh học sẽ tăng lên. Quá trình vận hành bể lọc sinh học, sự sinh trưởng và chết đi của màng sinh học xảy ra liên tục. Khi màng sinh vật bị chết sẽ bị tách ra khỏi nơi bám và cuốn theo dòng nước chảy ra khỏi bể lọc, cuối cùng sẽ được loại bỏ ở công đoạn lọc sinh học.

Tuy nhiên, sau một thời gian hoạt động, lớp màng sẽ bị nhiễm bẩn làm giảm hiệu suất của màng do sự lắng đọng của các chất rắn hòa tan hoặc lơ lửng trên bề mặt, trên lỗ xốp hoặc trong lỗ xốp của màng. Để giải quyết vấn đề này, bể cần được tiến hành rửa lọc định kỳ để loại bỏ các chất bẩn ra khỏi bể lọc tiếp xúc sinh học.

b) Các lớp sỏi đỡ

Theo một phương án được ưu tiên, bể lọc theo giải pháp hữu ích bao gồm 4 lớp sỏi đỡ chứa sỏi có kích thước khác nhau. Tuy nhiên, giải pháp hữu ích không chỉ giới hạn ở số lớp sỏi cụ thể này. Theo một phương án khác, 3, 5, 6, hoặc số lượng khác của lớp sỏi có kích thước khác nhau có thể được sử dụng phụ thuộc vào yêu cầu chất lượng của nước đầu ra.

Theo một phương án được ưu tiên khác, các lớp sỏi chứa sỏi có kích thước nằm trong khoảng từ 2 đến 20 mm. Theo một phương án cụ thể đặc biệt được ưu tiên, 4 lớp sỏi trên đây được bố trí theo hướng từ trên xuống theo thứ tự:

1. Lớp thứ nhất chứa sỏi có kích thước khoảng 2-3mm;
2. Lớp thứ hai chứa sỏi có kích thước khoảng 3-6mm;
3. Lớp thứ ba chứa sỏi có kích thước khoảng 6-12mm;
4. Lớp thứ tư chứa sỏi có kích thước khoảng 12-20mm.

Theo một phương án cụ thể đặc biệt được ưu tiên hơn nữa, các lớp sỏi có chiều cao (chiều dày) khoảng 50mm.

Mặc dù việc sử dụng các lớp sỏi với các kích thước khác nhau là thông dụng trong lĩnh vực công nghệ xử lý nước. Tuy nhiên, cần phải hiểu rằng, các giá trị cụ thể được ưu tiên trên đây là các giá trị mà các tác giả giải pháp hữu ích phát hiện ra nhằm tối ưu hóa hiệu quả và khả năng vận hành của bể lọc thông qua các thí nghiệm với các bể lọc có kích thước khác nhau. Hiệu quả lọc và khả năng vận hành bể lọc được xem là tối ưu nhất khi bể lọc được tạo ra từ các cấu phần có kích thước cụ thể này. Rõ ràng là, bể lọc với cách thức bố trí và thiết kế theo giải pháp hữu ích là không hiển nhiên đối với người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này.

Tuy nhiên, giải pháp hữu ích không bị giới hạn ở các giá trị này. Theo phương án khác, các lớp sỏi có chiều cao 40, 45, 55, 60 mm và các giá trị thích hợp khác có thể được sử dụng theo giải pháp hữu ích phụ thuộc vào chất lượng và thời gian cần thiết cho việc xử lý nước.

c) Lớp đan lọc

Bể lọc theo giải pháp hữu ích còn bao gồm lớp đan lọc. Theo một phương án cụ thể, lớp đan lọc này được bố trí sau lớp thứ tư chứa sỏi theo hướng từ trên xuống của bể lọc (Hình 2) và có chiều cao (chiều dày) khoảng 200 mm.

Tuy nhiên, lớp đan lọc theo giải pháp hữu ích không bị giới hạn ở chiều cao cụ thể này và do đó các chiều cao khác, ví dụ: 170, 180, 190, 210, 220, 230mm, cũng có thể được sử dụng theo giải pháp hữu ích.

Hệ thống xử lý nước

Theo khía cạnh thứ hai, giải pháp hữu ích còn đề xuất hệ thống xử lý nước, đặc trưng ở chỗ, hệ thống này bao gồm bể lọc tiếp xúc sinh học như được mô tả trên đây.

Theo một phương án được ưu tiên, hệ thống này còn bao gồm bể lắng (trong bản mô tả này, đôi khi còn được gọi là “bể lắng”).

Theo một phương án được ưu tiên khác, hệ thống này còn bao gồm bể lọc (trong bản mô tả này, đôi khi còn được gọi là “bể lọc”).

Như được mô tả trên đây, giải pháp theo giải pháp hữu ích áp dụng dây chuyền bể lắng - lọc và bể tiếp xúc than hoạt tính sinh học cho phép loại bỏ các chất hữu cơ lên đến 90-95% và tảo được loại bỏ về hoàn toàn 100%. Ngoài ra, việc kết hợp bể lắng - lọc và bể tiếp xúc than hoạt tính sinh học tạo ra một dây chuyền công nghệ xử lý nước thích hợp với nguồn nước mặt ô nhiễm có nhiều chất hữu cơ và rong tảo do bể tiếp xúc than hoạt tính sinh học có khả năng xử lý tốt các chất ô nhiễm như hợp chất nitơ, vật chất hữu cơ, coliform, Fe, Mn, v.v., mà không tạo ra hợp chất gây ung thư THM như xử lý với công nghệ truyền thống và clo. Đây cũng là lợi ích khác biệt mà giải pháp hữu ích tạo ra.

Theo một phương án cụ thể được ưu tiên và như được mô tả trên Hình 3, trong hệ thống theo giải pháp hữu ích, bể lọc tiếp xúc sinh học được bố trí sau bể lắng. Cách bố trí này giúp tạo ra hiệu quả kỹ thuật bất ngờ bởi nếu bể lọc được bố trí trước bể lắng thì hiệu quả xử lý (HQXL) các hợp chất hữu cơ sẽ rất thấp (sẽ được mô tả chi tiết hơn sau đây), nguồn nước có độ đục cao đi vào bể lọc chứa nhiều cặn lơ lửng nên sau thời gian hoạt động cặn sẽ bám vào các lỗ phân phối của tấm đan lọc và các lớp sỏi đỡ gây tắc lọc. Do đó cần ngừng vận hành để vệ sinh đan lọc và điều này làm cho quá trình sản xuất bị gián đoạn.

Trái lại, khi bể lọc được bố trí sau bể lắng, các vật chất ô nhiễm vô cơ và hữu cơ trong nước nguồn đã được bể lắng loại bỏ nên khi nước nguồn có độ đục cao thì bể lọc vẫn phát huy hiệu quả xử lý chất hữu cơ. Đồng thời, nước ra khỏi bể lắng có độ đục rất thấp nên khi đi vào bể lọc sẽ không gây ra hiện tượng đóng cặn trên đan lọc và các lớp sỏi, giúp duy trì, kéo dài hoạt động vận hành và hạn chế việc ngừng vận hành để rửa bể lọc.

Theo phương án được ưu tiên khác, hệ thống này còn bao gồm bể lọc cát thạch anh. Theo phương án khác, bể lọc cát thạch anh được bố trí sau bể lọc.

Theo phương án được ưu tiên khác nữa, bể lọc cát thạch anh bao gồm lớp than antraxit, lớp cát thạch anh, lớp sỏi đỡ và đan lọc nước được bố trí theo hướng từ trên xuống theo thứ tự được mô tả.

Theo phương án cụ thể được ưu tiên, lớp cát thạch anh có kích thước khoảng 0,5 đến 0,8 mm.

Phương pháp xử lý nước

Theo khía cạnh thứ ba, giải pháp hữu ích còn đề xuất phương pháp xử lý nước để xử lý các nguồn nước bị ô nhiễm, phương pháp này về cơ bản bao gồm các bước:

- i) trộn đều nước nguồn với chất keo tụ và chất trợ lắng, trước khi được chuyển vào bể lắng;
- ii) chuyển nước từ bể lắng của bước i) sang bể lọc tiếp xúc sinh học;
- iii) bổ sung clo vào nước sau bể lọc của bước ii), và sau đó chuyển vào bể lọc.

Bước i) trộn đều nước nguồn với chất keo tụ và chất trợ lắng, trước khi được chuyển vào bể lắng

Theo một phương án cụ thể được ưu tiên theo giải pháp hữu ích và như được mô tả trong Hình 3, bước i) trộn đều nước nguồn với chất keo tụ, là poly aluminium clorua (poly aluminium chloride - PAC) và chất trợ lắng là polyme, trước khi được chuyển vào bể lắng, có thể được thực hiện bằng cách bố trí thiết bị trộn tĩnh đặt trên đường ống nước thô và đi vào bể lắng. Tại đây, quá trình keo tụ và quá trình tạo bông xảy ra trên nền thảm bùn dày đặc, lơ lửng dưới hệ lamen, giúp lưu giữ hầu hết cặn vô cơ và một phần cặn hữu cơ từ nước nguồn và loại bỏ đến khoảng 90% độ đục, 70% độ màu, 60% Fe, 50% Mn, 35% nhu cầu oxy hóa học (COD), 55% amoni (NH_4^+), 60% nitrit (NO_2^-) và khoảng 70% tảo.

Bước ii) chuyển nước từ bể lắng của bước i) sang bể lọc tiếp xúc sinh học

Nước sau lắng vẫn còn chứa các chất ô nhiễm hữu cơ, màu, mùi, một số độc chất chưa được loại bỏ hoàn toàn và chứa nhiều loại vi sinh vật sẽ được đưa sang bể lọc tiếp xúc sinh học. Tại bước ii) này, nước được cho đi vào bể lọc từ dưới đáy bể, phân phối đều dưới lớp than hoạt tính sinh học, và đi lên bề mặt bể lọc với tốc độ ổn định khoảng từ 10 đến 15 $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{h}$, tốt nhất là 13 $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{h}$ (13 m/h). Trong quá trình nước di chuyển ngược từ dưới lên bề mặt bể lọc, mà được bố trí lớp chứa các hạt than hoạt tính có kích thước nhỏ, rất nhẹ, làm phân tách các hạt than hoạt tính, và khiến chúng di chuyển lơ lửng trong lớp nước. Lúc này, lớp than hoạt tính giãn nở khoảng 1,5 lần chiều dày (chiều cao), và nước di chuyển qua các khe hở giữa các hạt than sẽ tiếp xúc với toàn bộ bề mặt hạt than hoạt tính sinh học này, giúp các hạt than hấp thụ oxy hòa tan để nuôi các vi sinh vật sống trên hạt than đó, và nhờ đó chính các vi sinh vật này sẽ phân hủy các hợp chất nitơ, phospho, sắt, mangan, vật chất hữu cơ, tảo, v.v., đồng thời, sinh sôi nảy nở trên bề mặt của các hạt than hoạt tính đó.

Bằng các nghiên cứu sâu rộng (mà sẽ được mô tả dưới đây), các tác giả giải pháp hữu ích đã phát hiện ra rằng, khi bể lọc được cấu thành từ lớp chứa các hạt than hoạt tính sinh học có kích thước nhỏ khoảng 0,4-0,5mm, với chiều dày (chiều cao) khoảng 2000mm; 4 lớp sỏi đỡ, với chiều cao mỗi lớp khoảng 50mm, bao gồm: lớp thứ nhất chứa sỏi có kích thước khoảng 2-3mm, lớp thứ hai chứa sỏi có kích thước khoảng 3-6mm, lớp thứ ba chứa sỏi có kích thước khoảng 6-12mm, lớp thứ tư chứa sỏi có kích thước khoảng 12-20mm; và lớp đan lọc có chiều cao 200mm, thì bể lọc tiếp xúc than hoạt tính sinh học sẽ phát huy tác dụng xử lý nước, cụ thể là hiệu quả xử lý nước là cao một cách bất ngờ, đáng ngạc nhiên. Các chất hữu cơ bị

loại bỏ lên đến 90% COD, 90% nitrit, 95% amoni, 95% phosphat (PO_4^{3-}), 85% Fe, 75% Mn và khoảng 95% tảo.

Do đó, theo một phương án cụ thể được ưu tiên, các hạt than hoạt tính có kích thước nằm trong khoảng từ 0,4 đến 0,5mm, mặc dù giải pháp hữu ích không chỉ giới hạn ở kích thước này, cụ thể các giá trị nằm trong khoảng từ 0,4 đến 0,8mm, tốt hơn là khoảng 0,4 đến 0,6 mm, cũng có thể được sử dụng theo giải pháp hữu ích.

Ngoài ra, theo phương án được ưu tiên khác, nước được cho đi lên bề mặt bể lọc với tốc độ ổn định khoảng $13\text{m}^3/\text{m}^2/\text{h}$, mặc dù giải pháp hữu ích không chỉ giới hạn ở tốc độ này, cụ thể các giá trị nằm trong khoảng từ 10 đến $15\text{m}^3/\text{m}^2/\text{h}$, cũng có thể được sử dụng theo giải pháp hữu ích.

Bước iii) bổ sung clo vào nước sau bể lọc của bước ii), và sau đó chuyển vào bể lọc

Nước sau khi xử lý tại bể tiếp xúc than hoạt tính sinh học trong bước ii) sẽ được bổ sung (châm) thêm clo và tiếp tục cho đi vào bể lọc. Theo phương án được ưu tiên, bể lọc được sử dụng trong bước này là bể lọc cát thạch anh, trong đó bể lọc cát thạch anh bao gồm lớp than antraxit, lớp cát thạch anh, lớp sỏi đỡ và đan lọc nước được bố trí theo hướng từ trên xuống theo thứ tự được mô tả, để loại bỏ hoàn toàn Fe, Mn và các hạt cặn lơ lửng còn sót lại.

Theo một phương án khác, lớp cát thạch anh trong bể lọc cát thạch anh tốt hơn là có kích thước khoảng 0,5 đến 0,8 mm.

Cần lưu ý rằng, theo giải pháp của giải pháp hữu ích, nước ra khỏi bể lọc tiếp xúc sinh học đã loại bỏ hoàn toàn các chất ô nhiễm hữu cơ, nên quá trình xử lý clo tại bể lọc trên đây sẽ không tạo ra các hợp chất gây ung thư THM. Do đó, nước được xử lý theo giải pháp hữu ích là nước uống sạch, an toàn.

Ví dụ thực hiện giải pháp hữu ích

Sau đây, giải pháp hữu ích còn được mô tả chi tiết hơn nữa thông qua các ví dụ. Tuy nhiên, cần phải hiểu rằng, các ví dụ này không làm giới hạn giải pháp hữu ích theo bất kỳ cách nào.

Ví dụ 1: Thiết kế bể lọc tiếp xúc sinh học

Như được mô tả trong Hình 4, trong ví dụ này, nước sau bể lắng được đi qua 5 cột lọc tiếp xúc sinh học có cấu tạo như được thể hiện trong hình vẽ này với vận tốc được duy trì không đổi ($V = 15\text{m}^3/\text{m}^2/\text{h}$). Nước sau đó được lấy mẫu để kiểm tra chất lượng nước.

Kết quả được thể hiện trong Bảng 1 dưới đây.

Bảng 1

ST T	Chỉ tiêu	Ngu ồn	Lấn g	HQXL (%) so với nguồn	uBC F 1	HQXL (%) so với lắng	uBC F 2	HQX L (%) so với lắng	uBCF 3	HQXL (%) so với lắng	uBCF 4	HQXL (%) so với lắng	uBCF 5	HQX L (%) so với lắng
1	Độ gián VLL (%)				15		15		50		50		70	
2	Độ màu (mg/L, Pt/Co)	72	14	▼ 80,6	1	▼ 92,9	1	▼ 92,9	1	▼ 92,9	0	▼ 100	3	▼ 78, 6
3	pH	6.9	7,5		7,4		7,4		7,4		7,4		7,5	
4	Độ đục (NTU)	8,6	0,91	▼ 89,4	0,23	▼ 74,7	0,18	▼ 80,2	0,39	▼ 57,1	0,28	▼ 69,2	0,58	▼ 36, 3
5	Fe (mg/L)	0,41	0,09	▼ 78,0	0,05	▼ 44,4	0,06	▼ 33,3	0,05	▼ 44,4	0,05	▼ 44,4	0,08	▼ 11, 1
6	Mn (mg/L)	0,08 9	0,04 7	▼ 47,2	0,028	▼ 40,4	0,029	▼ 38,3	0,029	▼ 38,3	0,027	▼ 42,6	0,041	▼ 12, 8
7	COD	0,98	0,59	▼ 39,8	0,43	▼ 27,1	0,36	▼ 39,0	0,32	▼ 45,8	0,16	▼ 72,9	0,43	▼ 27,

	(mg/L)																		1
8	Amoni (mg/L)	0,04 8	0,01 5																▼33, 3
9	Nitrit (mg/L)	0,01 1	0,00 8																▲12, 5
10	Nitrat (mg/L)	0,93	0,58																▲196 ,0
11	Coliform tổng (MPN/100 mL)	1076	106																▼53, 8
12	Tảo (Tb/L)	146	49																▼8,2

Kết quả cho thấy rằng:

- Tại công đoạn lắng: Hầu hết các chỉ tiêu chất lượng nước đều giảm so với nguồn, riêng các chỉ tiêu ô nhiễm thì hiệu quả xử lý chưa cao với COD ▼39,8%, Amoni ▼68,8%, Nitrit ▼27,3%, Nitrat ▼37,6% so với nước nguồn;

- Hầu hết các chỉ tiêu chất lượng nước đều giảm sau khi qua 5 bể lọc uBCF, nhưng hiệu quả xử lý (HQXL) của **bể lọc số 4** là cao nhất với COD ▼73%, Amoni ▼93%, Nitrit ▼88%, Nitrat ▼71% so với lắng. Hiệu quả xử lý (HQXL) của 4 bể lọc còn lại lần lượt là COD ▼27 - 45%, Amoni ▼33 - 80%, Nitrit ▼0 - 75%, Nitrat ▼0 - 65% so với nước tại công đoạn lắng.

Do đó, kết quả là cấu tạo cột lọc tối ưu nhất để xử lý nước hiệu quả là cột than hoạt tính dạng hạt có kích thước 0,4 đến 0,5 mm, cao (chiều dày) 2m; cùng với 4 lớp sỏi đỡ có kích thước khác nhau, với tổng chiều cao 20cm, và cuối cùng là lớp đan lọc chiều cao 20 cm.

Kết luận: Cấu tạo cột lọc tối ưu nhất để xử lý nước hiệu quả là như sau:

STT	Tên vật liệu lọc	Chiều cao
1	Than hoạt tính dạng hạt kích thước: 0,4 - 0,5mm	200 cm
2	Sỏi 2-3mm	5 cm
3	Sỏi 3-6mm	5 cm
4	Sỏi 6-12mm	5 cm
5	Sỏi 12-20mm	5 cm
6	Đan lọc	20 cm

Mặc dù việc chọn lựa các thông số thiết kế là kiến thức chung trong lĩnh vực này, tuy nhiên cần phải hiểu rằng, cấu tạo của bể lọc với các thông số thiết kế trên đây đã tạo ra hiệu quả xử lý nước bất ngờ và hoàn toàn không hiển nhiên đối với người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này.

Ví dụ 2: Vận tốc lọc của bể lọc tiếp xúc sinh học

Trong ví dụ này, nước sau bể lắng được sử dụng và cho đi qua 3 cột lọc uBCF có cấu tạo như được thể hiện trong Hình 5 với các vận tốc lọc thay đổi $V = 10, 13, 15 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$. Nước sau đó được lấy mẫu để kiểm tra chất lượng nước.

Kết quả được thể hiện trong Bảng 2.

Bảng 2

ST T	Chỉ tiêu	Nguồn	Lắng	HQXL (%) so với nguồn	uBCF 1	HQXL (%) so với lắng	uBCF 2	HQX L (%) so với lắng	uBCF 3	HQX L (%) so với lắng
1	Độ giãn VLL (%)				22		50		50	
2	Độ màu (mg/L, Pt/Co)	105	25	▼76,2	1	▼96,0	1	▼100	1	▼96,0
3	pH	6,9	7,4		7,4		7,4		7,4	
4	Độ đục (NTU)	29,5	0,82	▼97,2	0,39	▼52,4	0,46	▼43,9	0,51	▼37,8
5	Fe (mg/L)	0,49	0,10	▼79,6	0,07	▼30,0	0,06	▼40,0	0,07	▼30,0
6	Mn (mg/L)	0,101	0,03 ₂	▼68,3	0,028	▼12,5	0,029	▼9,4	0,029	▼9,4
7	COD (mg/L)	1,18	0,55	▼53,4	0,43	▼21,8	0,16	▼70,9	0,32	▼41,8
8	Amoni (mg/L)	0,062	0,02 ₃	▼62,9	0,009	▼60,9	0,002	▼91,3	0,006	▼73,9
9	Nitrit (mg/L)	0,026	0,01 ₂	▼53,8	0,004	▼66,7	0,001	▼91,7	0,004	▼66,7
10	Nitrat (mg/L)	1,88	1,39	▼26,1	0,61	▼56,1	0,3	▼78,4	0,47	▼66,2
11	Coliform tổng (MPN/100 ml)	775	62	▼92,0	29	▼53,2	22	▼64,5	27	▼56,5
12	Tảo (Tb/L)	128	23	▼82,8	15	▼31,8	19	▼13,6	19	▼13,6

Kết quả cho thấy rằng:

- Hiệu quả xử lý (HQXL) nước tại tốc độ lọc $V = 13 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$ là cao nhất với COD ▼71%, Amoni ▼91%, Nitrit ▼92%, Nitrat ▼78% so với nước tại công đoạn lắng. Trong khi đó, hiệu quả xử lý (HQXL) tại 2 chế độ vận tốc lọc $V = 10$ và $15 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$ lần lượt là COD ▼22 - 42%, Amoni 61 - 74%, Nitrit ▼67%, Nitrat ▼56 - 66% so với nước tại công đoạn lắng.

Do đó, giải pháp hữu ích lựa chọn vận hành bể lọc tiếp xúc sinh học ở tốc độ nước di chuyển ngược từ đáy lên mặt bể lọc là $13 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$ để kết quả xử lý nước là tối ưu nhất.

Như nêu trên đây, mặc dù việc chọn lựa vận tốc lọc là kiến thức chung trong lĩnh vực này, tuy nhiên cần phải hiểu rằng, vận tốc nước di chuyển ngược từ đáy lên mặt bể lọc theo giải pháp hữu ích đã tạo ra hiệu quả xử lý nước bất ngờ và hoàn toàn không hiển nhiên đối với người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này. Cụ thể hơn, nước ra khỏi bể lọc tiếp xúc sinh học đã loại bỏ hoàn toàn các chất ô nhiễm hữu cơ, nên quá trình xử lý clo tại công đoạn lọc trong bể lọc cát thạch anh sẽ không tạo ra các hợp chất gây ung thư THM và nước được xử lý theo giải pháp hữu ích là nước uống sạch, an toàn.

Ví dụ 3: Xác định vị trí bể lọc tiếp xúc sinh học trong công nghệ xử lý nước sạch

Như được mô tả trong Hình 6, trong ví dụ này, vị trí của bể lọc tiếp xúc sinh học theo giải pháp hữu ích lần lượt được bố trí trước và sau bể lắng như trong 02 thí nghiệm sau đây:

Thí nghiệm 1: Nước nguồn được xử lý tại bể lắng, chất lượng cao, thân thiện môi trường trước rồi mới đi qua bể lọc tiếp xúc sinh học;

Thí nghiệm 2: Nước nguồn đi qua bể lọc tiếp xúc sinh học trước khi đi qua bể lắng, chất lượng cao, thân thiện môi trường

Nước sau mỗi thí nghiệm được lấy mẫu để kiểm tra. Kết quả lần lượt được thể hiện trong các bảng 3 và 4 sau đây.

Thí nghiệm 1**Bảng 3**

STT	Chỉ tiêu	Nguồn	uBCF	HQXL (%) so với nguồn
1	Độ màu (mg/L, Pt/Co)	66,3	62	▼6,5
2	pH	7,0	7,5	
3	Độ đục (NTU)	8,7	8,6	▼1,1
4	Fe (mg/L)	0,47	0,46	▼2,1
5	Mn (mg/L)	0,118	0,076	▼35,6
6	COD (mg/L)	1,04	0,82	▼21,2
7	Amoni (mg/L)	0,067	0,025	▼62,7
8	Nitrit (mg/L)	0,018	0,022	▲22,2
9	Nitrat (mg/L)	1,2	0,8	▼33,3
10	Coliform tổng (MPN/100ml)	1100	930	▼15,5
11	Tảo (Tb/L)	387	193	▼50,1

Thí nghiệm 2**Bảng 4**

STT	Chỉ tiêu	Nguồn	Lắng	uBCF	HQXL (%) so với nguồn
1	Độ màu (mg/L, Pt/Co)	66,3	9	1	▼98,5
2	pH	7,0	7,5	7,5	
3	Độ đục (NTU)	8,7	0,47	0,35	▼96,0
4	Fe (mg/L)	0,47	0,06	0,05	▼89,4
5	Mn (mg/L)	0,118	0,042	0,038	▼67,8
6	COD (mg/L)	1,04	0,51	0,16	▼84,6
7	Amoni (mg/L)	0,067	0,022	0,003	▼95,5
8	Nitrit (mg/L)	0,018	0,009	0,001	▼94,4
9	Nitrat (mg/L)	1,2	1,3	0,42	▼65,0
10	Coliform tổng (MPN/100ml)	1100	50	11	▼99,0
11	Tảo (Tb/L)	387	33	12	▼96,9

Kết quả cho thấy rằng:

i) Với bể lọc uBCF đặt trước bể lắng

- Hiệu quả xử lý (HQXL) các chất hữu cơ giảm với COD ▼21%, Amoni ▼63%, Nitrit ▲22%, Nitrat ▼33% so với nước nguồn;

- Nitrit ▲22%, do các hợp chất N đang trong quá trình phản ứng từ Amoni để chuyển hóa thành Nitrit;

- Hiệu quả xử lý (HQXL) Fe, Mn là rất thấp: Fe ▼2%, Mn ▼35%;

- Khi nước nguồn có độ đục cao (từ 500-1000 NTU) thì lớp than hoạt tính sinh học không xử lý hiệu quả các chất ô nhiễm hữu cơ (Hiệu quả xử lý chất hữu cơ chỉ đạt 5 – 10%);

- Nguồn nước đi vào bể lọc tiếp xúc sinh học chứa nhiều cặn lơ lửng nên sau thời gian hoạt động cặn bám vào các lỗ phân phối của tấm đan lọc và lớp sỏi đỡ gây ra tắt lọc; do đó cần ngừng vận hành để vệ sinh lớp đan lọc và do đó làm gián đoạn trong sản xuất nước.

ii) Với bể lọc uBCF đặt sau bể lắng

- Hiệu quả xử lý (HQXL) các chất hữu cơ giảm mạnh với COD ▼85%, Amoni ▼96%, Nitrit ▼94%, Nitrat ▼65% so với nước nguồn;

- Hiệu quả xử lý (HQXL) Fe, Mn, Coliform và tảo cao với Fe ▼89%, Mn ▼68%, Coliform 99%, tảo 97%;

- Nước nguồn ô nhiễm hữu cơ và vô cơ đã được bể lắng thống minh loại bỏ đến 78 – 80% cặn lơ lửng và 20 – 50% chất hữu cơ nên khi nước nguồn có độ đục cao thì bể lọc tiếp xúc sinh học vẫn phát huy hiệu quả xử lý chất hữu cơ;

- Nước sau bể lắng có độ đục rất thấp 0,3 – 0,5 NTU nên khi đi vào bể lọc tiếp xúc sinh học sẽ không gây đóng cặn trên đan lọc và lớp sỏi đỡ giúp bể lọc tiếp xúc sinh học hoạt động liên tục và kéo dài thời gian rửa bể lọc.

Trên cơ sở thông tin, giải pháp kỹ thuật theo giải pháp hữu ích chọn lựa vị trí của bể lọc tiếp xúc sinh học là đặt sau bể lắng, chất lượng cao, thân thiện môi trường sẽ cho hiệu quả xử lý cao nhất.

Ví dụ 4: Kết quả phân tích chất lượng nước sau khi áp dụng công nghệ bể lọc tiếp xúc sinh học

Ví dụ 4.1: Các chỉ tiêu ô nhiễm

Nước thu được từ nguồn nước ô nhiễm được xử lý bằng phương pháp xử lý theo giải pháp hữu ích được lấy mẫu để kiểm tra chỉ tiêu chất lượng trên đây.

Kết quả được thể hiện trong bảng 5 sau đây.

Bảng 5

ST T	TÊN CHỈ TIÊU	PHƯƠNG PHÁP	ĐƠN VỊ	NƯỚC NGUỒN		NƯỚC C LÀNG	NƯỚC C Ủ BC F	NƯỚC SẠCH	
				QCVN 08:201 5/BTN MT	KẾT QUẢ			QCVN 01:200 9/BYT	KẾT QUẢ
1.	Màu sắc	PCL.HD01.26 Pt-Co	mg/L PtCo	KQĐ	77	15	0	≤ 15	0
2.	Mùi vị	PCL.HD01.13 TCVN2653-78		KQĐ	Nhẹ	0	0	0	0
3.	Độ đục	PCL.HD01.1 (TCVN6184:19 96)	NTU	KQĐ	9	0,47	0,35	≤ 2	0,01 8
4.	Tổng chất rắn lơ lửng (TSS)	PCL.HD01.25	mg/L	KQĐ	19,6	3,6	2,8	KQĐ	1,2
5.	pH	PCL.HD01.2 (TCVN6492:19 99)		6.0-8.5	6,8	7,4	7,4	6.5-8.5	7,2
6.	Clo dư	PCL.HD01.03	mg/l	-	-	0	0	0.3-0.5	0,5
7.	COD (KMnO ₄)	PCL.HD01.4 (TCVN6186:19 95)	mg/l	≤ 10	1,35	0,84	0,16	≤ 2	0,16
8.	Nitrit NO ₂ ⁻	PCL.HD01.6 (TCVN6187:19 96)	mg/l	≤ 0.033	0,01 9	0,008	0,002	≤ 3	0,00 0
9.	Amoni NH ₄ ⁺	PCL.HD01.05 (TCVN6179- 1:1996)	mg/l	≤ 0.12	0,06 9	0,022	0,002	≤ 3	0,00 0
10.	Nitrat NO ₃ ⁻	PCL.HD01.07 (TCVN6180:19 96)	mg/l	≤ 8.9	1,75	1,44	0,43	≤ 50	0,32
11.	Phosphat PO ₄ ³⁻	PCL.HD01.12 (TCVN6202:19 96)	mg/l	≤ 0.31	0,06 6	0,032	0,002	KQĐ	0,00 1

ST T	TÊN CHỈ TIÊU	PHƯƠNG PHÁP	ĐƠN VỊ	NƯỚC NGUỒN		NƯỚC C LẮNG	NƯỚC C uBC F	NƯỚC SẠCH	
				QCVN 08:201 5/BTN MT	KẾT QUẢ			QCVN 01:200 9/BYT	KẾT QUẢ
12.	Độ cứng $CaCO_3$	PCL.HD01.11 (TCVN6224:1996)	mg/l	KQĐ	30	28	26	≤ 300	26
13.	Mangan tổng	PCL.HD01.21 (TCVN6333:1986)	mg/l	KQĐ	0,13 5	0,045	0,034	≤ 0.3	0,00 1
14.	Sắt tổng	PCL.HD01.19 (TCVN6177:1996)	mg/l	≤ 0.5	0,52	0,07	0,06	≤ 0.3	0,01
15.	Coliform tổng	PCL.HD01.08 (TCVN6187-2:1996)	MPN/ 100 ml	≤ 2500	930	22	13	0	0
16.	Tảo	PCL.HD01.31	Tế bào/L	KQĐ	1100	40	28	KQĐ	0

Kết quả cho thấy rằng, sau khi áp dụng công nghệ bể lọc tiếp xúc sinh học uBCF, các chỉ tiêu ô nhiễm hữu cơ đã được loại bỏ hầu như hoàn toàn trong nước sạch.

Ví dụ 4.2: Chỉ tiêu ô nhiễm của nước sạch

Nước thu được từ nguồn nước ô nhiễm khác được xử lý bằng phương pháp xử lý theo giải pháp hữu ích được lấy mẫu để kiểm tra chỉ tiêu chất lượng trên đây.

Kết quả được thể hiện trong bảng 6 sau đây.

Bảng 6

STT	TÊN CHỈ TIÊU	ĐƠN VỊ	NƯỚC NGUỒN	NƯỚC SẠCH		So sánh ▲ ▼ (%)
				Áp dụng uBCF	Chưa áp dụng	
1.	Màu sắc	mg/L PtCo	77	0	1	▼ 100
2.	Mùi vị		Nhẹ	0	0	0
3.	Độ đục	NTU	9	0,018	0,022	▼ 18,2
4.	COD (KMnO ₄)	mg/l	1,35	0,16	0,42	▼ 61,9
5.	Nitrit (NO ₂ ⁻)	mg/l	0,019	0,000	0,004	▼ 100
6.	Amoniac (NH ₄ ⁺)	mg/l	0,069	0,000	0,006	▼ 100
7.	Nitrat (NO ₃ ⁻)	mg/l	1,75	0,32	1,4	▼ 77,1
8.	Phốt phat (PO ₄ ³⁻)	mg/l	0,066	0,001	0,007	▼ 85,7
9.	Mangan tổng	mg/l	0,135	0,001	0,004	▼ 75,0
10.	Sắt tổng	mg/l	0,52	0,01	0,01	▼ 0,0
11.	Tảo	Tế bào/L	1100	0	0	0

Có thể thấy rằng, so với trước khi áp dụng công nghệ bể lọc tiếp xúc sinh học uBCF thì các chỉ tiêu ô nhiễm hữu cơ của nước sạch được giảm xuống thấp hơn rất nhiều lần, cụ thể: Màu sắc ▼100%, COD ▼62%, Nitrit, Amoni ▼100%, Nitrat ▼77%, Phốt phat ▼86%, Mangan ▼75%.

Ví dụ 4.3: So sánh định mức hóa chất xử lý

Định mức hóa chất xử lý của phương pháp xử lý nước áp dụng và không áp dụng công nghệ bể lọc tiếp xúc sinh học uBCF theo giải pháp hữu ích cũng được kiểm tra để thấy hiệu quả kỹ thuật của giải pháp theo giải pháp hữu ích.

Kết quả được thể hiện trong bảng 7 dưới đây.

Bảng 7

STT	HÓA CHẤT XỬ LÝ	ĐƠN VỊ	Áp dụng bể lọc uBCF	Không áp dụng bể lọc uBCF	SỐ SÁNH ▲ ▼ (%)
1	Than hoạt tính dạng bột	g/m ³	0	2	▼ 100
2	Clo đầu nguồn	g/m ³	0	1,2	▼ 100

Kết quả cho thấy rằng, so với khi chưa áp dụng bể lọc tiếp xúc sinh học uBCF vào công nghệ xử lý nước thì hiện tại, thì với việc áp dụng công nghệ theo giải pháp hữu ích, định mức hóa chất xử lý nước thấp hơn rất nhiều. Cụ thể: than hoạt tính dạng bột ▼ 100%, clo đầu nguồn ▼ 100%

Giải pháp hữu ích đã được mô tả thông qua các phương án và ví dụ cụ thể minh họa cho giải pháp hữu ích liên quan đến các hiệu quả kỹ thuật cụ thể và hiệp đồng mà giải pháp hữu ích tạo ra. Ngoài ra, cần phải hiểu rằng, các phương án và ví dụ được mô tả chỉ với mục đích minh họa cho giải pháp hữu ích và giải pháp hữu ích không chỉ giới hạn ở các phương án và ví dụ này. Rõ ràng là, người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này, trên cơ sở các nội dung mô tả trong bản mô tả này, có thể thực hiện các phương án biến đổi tương đương mà không nằm ngoài phạm vi của giải pháp hữu ích như được mô tả trong yêu cầu bảo hộ kèm theo sau đây. Ví dụ, có thể bổ sung và/hoặc thay thế chất keo tụ và/hoặc chất trợ lắng, lắp đặt thêm bể lắng hoặc thay đổi kết cấu của các thiết bị theo giải pháp hữu ích, v.v., để phù hợp với các nguồn nước khác và tiêu chí nước sạch mong muốn.

Yêu cầu bảo hộ

1. Hệ thống xử lý nước bao gồm bể lọc tiếp xúc sinh học mà bao gồm:

a) lớp chứa các hạt than hoạt tính sinh học;

b) bốn lớp sỏi đỡ,

c) lớp đan lọc;

trong đó:

i) tỷ lệ theo chiều cao của lớp chứa hạt than hoạt tính/mỗi lớp sỏi đỡ/lớp đan lọc là khoảng 40/1/4;

ii) các hạt than hoạt tính có kích thước nằm trong khoảng từ 0,4 đến 0,8mm, tốt hơn là khoảng 0,4 đến 0,6 mm, tốt nhất là khoảng 0,4 đến 0,5mm;

iii) các lớp sỏi bao gồm lớp sỏi thứ nhất, lớp sỏi thứ hai, lớp sỏi thứ ba và lớp sỏi thứ tư chứa sỏi có kích thước nằm trong khoảng 2 đến 20mm, trong đó lớp sỏi thứ nhất chứa sỏi có kích thước khoảng 2 đến 3mm, lớp sỏi thứ hai chứa sỏi có kích thước khoảng 3 đến 6mm, lớp sỏi thứ ba chứa sỏi có kích thước khoảng 6 đến 12mm và lớp sỏi thứ tư chứa sỏi có kích thước khoảng 12 đến 20mm;

và trong đó, các thành phần cấu thành trên đây được bố trí theo hướng từ trên xuống theo thứ tự: lớp chứa các hạt than hoạt tính, lớp sỏi thứ nhất, lớp sỏi thứ hai, lớp sỏi thứ ba, lớp sỏi thứ tư, lớp đan lọc;

và trong đó:

hệ thống này còn bao gồm bể lắng, mà bể lọc tiếp xúc sinh học được bố trí sau bể lắng này;

đặc trưng ở chỗ:

hệ thống này còn bao gồm bể lọc cát thạch anh.

2. Hệ thống xử lý nước theo điểm 1, trong đó:

chiều cao của a) lớp chứa các hạt than hoạt tính là khoảng 200 cm;

chiều cao của mỗi trong số b) bốn lớp sỏi đỡ là khoảng 5 cm; và

chiều cao của c) lớp đan lọc là khoảng 20 cm.

3. Hệ thống xử lý nước theo điểm 1 hoặc 2, trong đó các hạt than hoạt tính có kích thước nằm trong khoảng 0,4 đến 0,5mm.

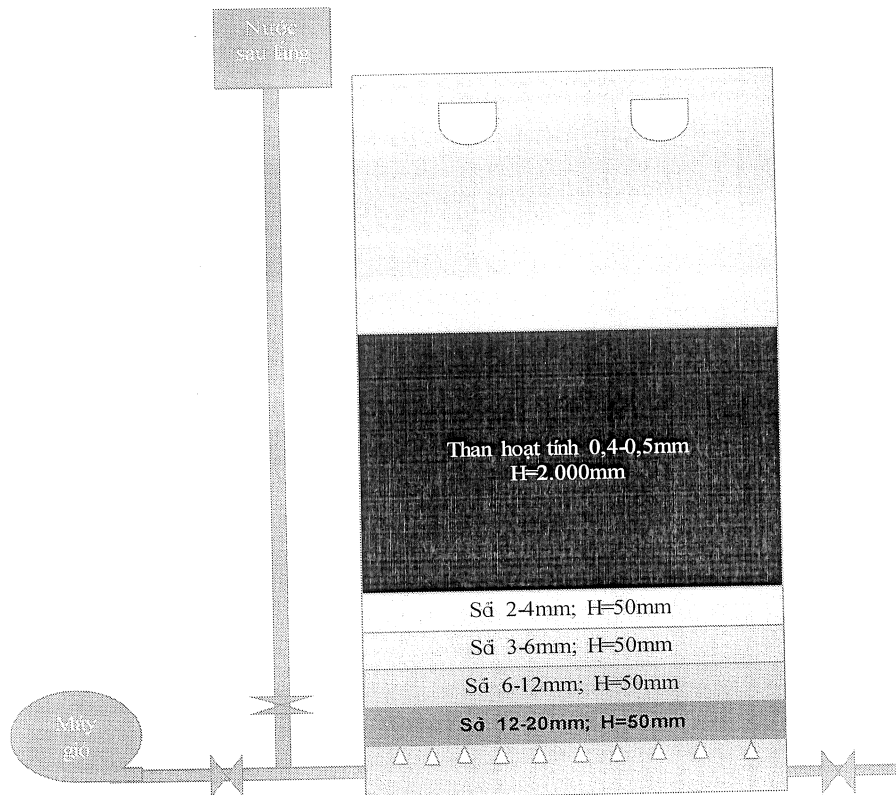
4. Hệ thống xử lý nước theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó bể lọc cát thạch anh được bố trí sau bể lọc tiếp xúc sinh học.

5. Hệ thống xử lý nước theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó bể lọc cát thạch anh bao gồm lớp than antraxit, lớp cát thạch anh, lớp sỏi đỡ và đan lọc nước được bố trí theo hướng từ trên xuống theo thứ tự được mô tả.
6. Hệ thống xử lý nước theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó lớp cát thạch anh có kích thước khoảng 0,5 đến 0,8 mm.
7. Phương pháp xử lý nước để xử lý các nguồn nước bị ô nhiễm, phương pháp này bao gồm các bước:
- i) trộn đều nước nguồn với chất keo tụ poly aluminium clorua (poly aluminium chloride - PAC) và chất trợ lắng polyme, trước khi được chuyển vào bể lắng;
 - ii) chuyển nước từ bể lắng của bước i) sang bể lọc tiếp xúc sinh học, đặc trưng ở chỗ, bể này là bể theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3;
 - iii) bổ sung clo vào nước sau bể lọc của bước ii), và sau đó chuyển vào bể lọc, đặc trưng ở chỗ, bể lọc này là bể lọc cát thạch anh theo điểm bất kỳ trong số các điểm 5 hoặc 6.
8. Phương pháp xử lý nước theo điểm 7, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước:
- iv) bổ sung clo vào nước sau bể lọc cát thạch anh của bước iii) trước khi được chuyển vào bể chứa phân phối.
9. Phương pháp xử lý nước theo điểm 7 hoặc 8, trong đó nước được trộn đều với chất keo tụ PAC và chất trợ lắng bằng thiết bị trộn tĩnh, được bố trí trên đường ống nước, và ra khỏi bể lắng của bước i) được loại bỏ hầu hết cặn vô cơ và một phần cặn hữu cơ từ nước nguồn và loại bỏ đến khoảng 90% độ đục, 70% độ màu, 60% Fe, 50% Mn, 35% nhu cầu oxy hóa học (COD), 55% amoni (NH_4^+), 60% nitrit (NO_2^-) và khoảng 70% tảo.
10. Phương pháp xử lý nước theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 7 đến 9, trong đó nước được cho đi vào bể lọc của bước ii) từ dưới đáy bể, phân phối đều dưới lớp than hoạt tính sinh học và đi lên bề mặt bể lọc với tốc độ ổn định khoảng từ 10 đến $15\text{m}^3/\text{m}^2/\text{h}$.
11. Phương pháp xử lý nước theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 7 đến 10, trong đó nước đi lên bề mặt bể lọc với tốc độ ổn định khoảng $13\text{m}^3/\text{m}^2/\text{h}$.
12. Phương pháp xử lý nước theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 7 đến 11, trong đó nước được cho đi vào bể lọc của bước ii) từ dưới đáy bể, phân phối đều dưới lớp than hoạt tính sinh học, trong đó lớp than hoạt tính có thể được giãn nở theo chiều dày lên đến khoảng 1,5 lần và nước được loại bỏ đến khoảng 90% COD, 90% nitrit, 95% amoni, 95% phosphat (PO_4^{3-}), 85% Fe, 75% Mn và khoảng 95% tảo.

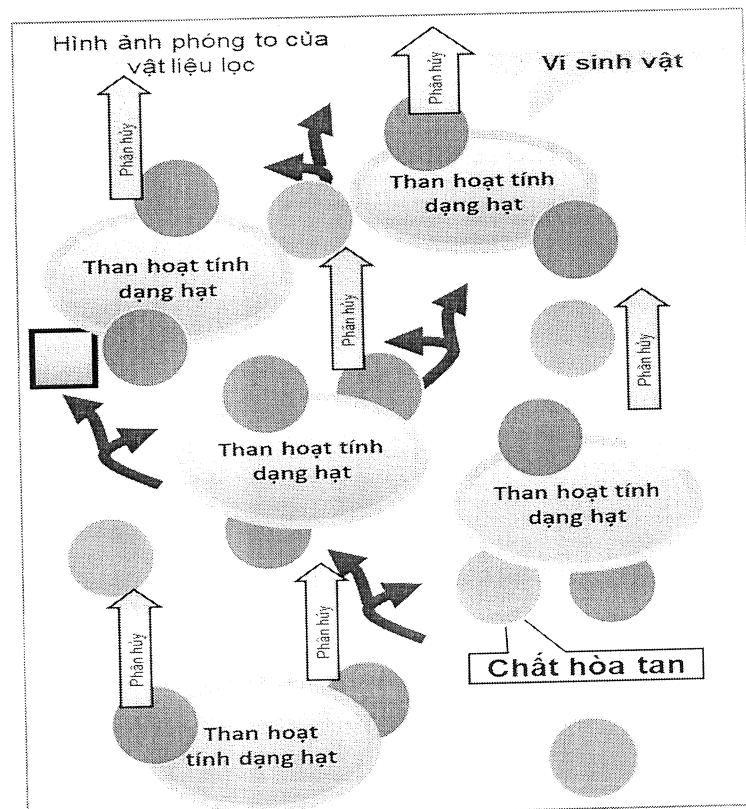
13. Phương pháp xử lý nước theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 7 đến 12, trong đó bể lọc tiếp xúc sinh học được rửa lọc định kỳ để loại bỏ các chất bẩn ra khỏi bể lọc này.

14. Phương pháp xử lý nước theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 7 đến 13, trong đó clo được bổ sung vào nước sau bể lọc của bước ii), và sau đó nước này chuyển vào bể lọc cát thạch anh để loại bỏ hoàn toàn Fe, Mn và các hạt cặn lơ lửng còn sót lại.

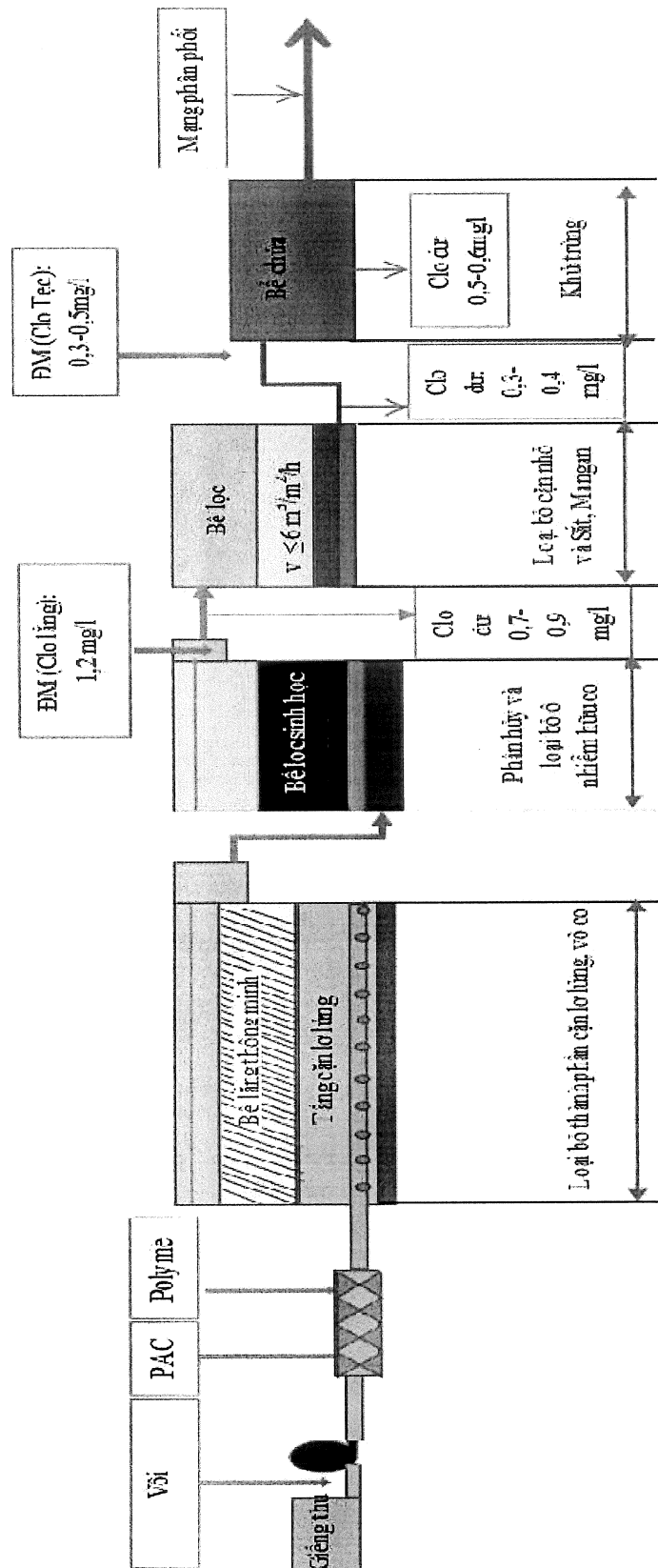
Hình 1



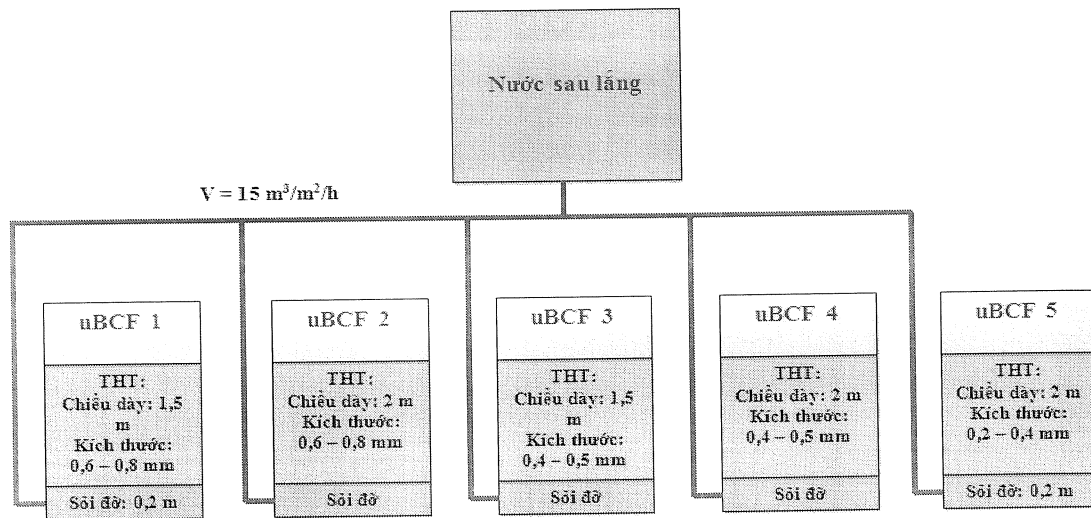
Hình 2



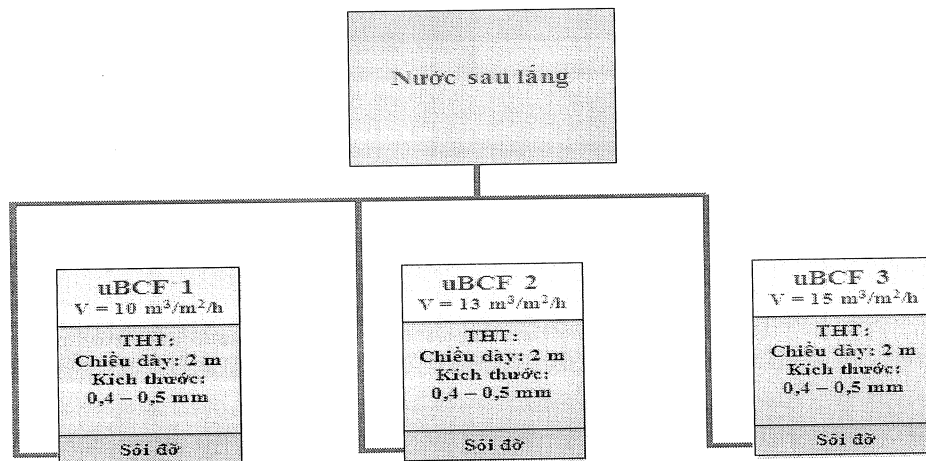
Hình 3



Hình 4



Hình 5



Hình 6

