



(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)



2-0004233

(51) **C02F 1/28; C02F 1/32; B01D 61/00**
2020.01

(13) **Y**

(21) 2-2021-00396

(22) 29/09/2021

(45) 25/08/2025 449

(43) 27/12/2021 405A

(73) Trường Đại học Xây Dựng Hà Nội (VN)
55 Giải Phóng, Hai Bà Trưng, Hà Nội

(72) Đinh Viết Cường (VN).

(54) QUY TRÌNH XỬ LÝ NƯỚC THÔNG QUA QUÁ TRÌNH TÍCH HỢP LỌC MÀNG
- HẤP PHỤ ĐIỆN - KHỬ TRÙNG UV

(21) 2-2021-00396

(57) Giải pháp hữu ích đề cập đến quy trình xử lý nước mới bao gồm các công đoạn:

(i) Lọc màng MF để loại bỏ thành phần cặn lơ lửng bằng; (ii) Điện hấp phụ để loại bỏ thành phần các ion gây độ mặn, độ cứng, amoni và các kim loại nặng; và (iii) Khử trùng UV để tiêu diệt các vi khuẩn gây bệnh. Quá trình điện hấp phụ là giải pháp mới nhất trong công nghệ xử lý nước hiện nay. Điện cực titan được phủ hỗn hợp cacbon và polyme được sử dụng cho quá trình hấp phụ điện. Việc ứng dụng quy trình mới trong xử lý nước ô nhiễm nhiễm như độ mặn, độ cứng, amoni và kim loại nặng mang lại hiệu quả cao, năng lượng tiêu thụ thấp và thân thiện với môi trường.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Giải pháp hữu ích thuộc lĩnh vực công nghệ môi trường, cụ thể là đề cập đến quy trình xử lý nước mới tích hợp quá trình: Lọc màng - điện hấp phụ - khử trùng UV để xử lý nước. Điểm nổi bật là ứng dụng quá trình điện hấp phụ mở ra một quy trình xử lý nước mới thay cho các công nghệ truyền thống với các quá trình vật lý và hóa học. Sử dụng quá trình điện hấp phụ giúp tăng cường khả năng kiểm soát hiệu quả loại bỏ chất bẩn với một lượng năng lượng tiêu thụ thấp.

Tình trạng kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Thiếu nước sạch và an toàn cho nhu cầu uống đang ngày càng trở thành vấn đề nghiêm trọng của nhiều quốc gia trên thế giới. Nước ngọt là nguồn tài nguyên khan hiếm, chỉ có 2,5% nước trên thế giới là nước ngọt, còn lại là nước mặn. Theo ước tính của Liên Hợp Quốc, dân số thế giới dự kiến sẽ tăng trên 9.000.000.000 vào năm 2050, điều đó có nghĩa là nhu cầu tiêu thụ nước cũng ngày một tăng. Bên cạnh đó, sự xâm nhập mặn nguồn nước đang xảy ra nghiêm trọng tại các khu vực ven biển gây ra bởi hiện tượng mực nước biển dâng và khai thác nước ngầm quá mức, dẫn đến tình trạng khan trong việc khai thác nước ngọt cung cấp cho các nhà máy xử lý nước hiện có. Hơn nữa, vấn đề ô nhiễm của các chất ô nhiễm kim loại và amoni trong nước ngầm là một thách thức, thu hút rất nhiều nghiên cứu vì những ảnh hưởng nghiêm trọng của nó đối với sức khỏe con người. Các kim loại trong nước gây ảnh hưởng đến sức khỏe như As, Pb, Cd tồn tại ở bất cứ đâu trên thế giới có nguồn gốc chủ yếu từ việc giải phóng trầm tích, khai thác, bơm thuốc trừ sâu, bón phân và nước thải công nghiệp.

Ở Việt Nam, nguy cơ thiếu nước là rõ ràng và ở mức nghiêm trọng. Suy thoái, cạn kiệt nguồn nước mặt, nước ngầm, xâm nhập mặn thiếu nước và khan hiếm nước trở nên phổ biến hơn. Hiện 20% người dân chưa được sử dụng nước sạch, 17,2 triệu người vẫn sử dụng nguồn nước không đạt tiêu chuẩn nước sạch của Bộ Y tế. Đe dọa lớn nhất cho tài nguyên nước ở Việt Nam là sự xuống cấp về chất lượng nước mặt và

sự khai thác quá mức cho phép làm suy giảm nguồn nước ngầm; sự biến động bất thường của điều kiện thời tiết và khí hậu làm lượng mưa phân bố mất cân đối cả về không gian và thời gian. Mặc dù, hầu hết các đô thị hiện nay đều đã xây dựng các nhà máy xử lý nước và cung cấp nước sạch đến các khu dân cư. Tuy nhiên, các hộ gia đình đều phải sử dụng thêm các thiết bị xử lý hộ gia đình để xử lý tăng cường nước từ các nhà máy. Các thiết bị xử lý nước hộ gia đình này thường chỉ sử dụng công nghệ màng, đã được phát triển và đưa vào sử dụng từ nhiều năm. Nhược điểm của công nghệ màng là tiêu tốn nhiều năng lượng, dễ bị tắc nghẽn nên hiệu quả tái tạo không cao, ảnh hưởng đến chất lượng nước uống, đặc biệt khi ứng dụng để xử lý nước nhiễm mặn.

Bản chất kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Mục tiêu của quy trình này là ứng dụng một trong những quá trình xử lý nước tiên tiến nhất hiện nay, quá trình điện hấp phụ, tiết kiệm năng lượng để tích hợp trong một dây chuyền có khả năng xử lý nước nhiễm ô nhiễm.

Quy trình của giải pháp gồm 3 bước:

- Sơ lọc màng MF: Loại bỏ cặn lơ lửng
- Điện hấp phụ: Là bước then chốt của quy trình để loại bỏ các ion ô nhiễm trong nước
- Khử trùng đèn UV: Tiêu diệt các vi khuẩn gây bệnh

Quá trình điện hấp phụ theo giải pháp hữu ích bao gồm 2 giai đoạn:

- Thu giữ ion (Charging): Đưa vào điện áp 1-1.6 V, ion có thể giữ trên bề mặt điện cực bởi lực tĩnh điện trong lớp điện tích kép (Electrical double layer), sau đó, nước tinh khiết sẽ được thu.
- Nhả ion (Discharging): Để đảm bảo khôi phục khả năng làm việc của điện cực bằng cách loại bỏ điện áp, ion sẽ bị nhả ra và thu được dòng nước thải đã cô đặc.

Quy trình xử lý nước theo giải pháp hữu ích có các hiệu quả sau:

- Tiêu thụ một lượng điện năng rất nhỏ, chỉ 1-1.6 V để kiểm soát khả năng hút bán của các cation và anion lên bề mặt điện cực cac-bon.
- Hiệu quả khử ion cao (tùy thuộc vào nồng độ ban đầu, có thể trên 95%);

- Khả năng thu hồi nước cao (có thể lên đến 60-80%);

Với các đặc trưng nêu trên, quy trình này có thể khắc phục được những điểm hạn chế của các quy trình đã biết, tạo ra một công nghệ mới có tiềm năng lớn trong xử lý nước.

- Không sử dụng hóa chất trong quá trình xử lý;
- Rất dễ dàng để tăng quy mô hay công suất;
- Ô nhiễm thứ cấp rất thấp, chỉ trong quá trình sản xuất vật liệu;
- Không có hiện tượng tắc, ví dụ như trong công nghệ màng.

Một số ứng dụng của quy trình:

- Khử mặn, sản xuất nước tinh khiết, nước có yêu cầu đặc biệt trong một số ngành công nghiệp đặc thù;
- Xử lý nước trong hệ thống tuần hoàn nước làm mát;
- Thu hồi kim loại, đặc biệt kim loại quý trong các ngành công nghiệp công nghệ cao;
- Tái sử dụng nước thải.

Mô tả vắn tắt hình vẽ

Hình 1 là sơ đồ quy trình xử lý nước nhiễm mặn tích hợp quá trình điện hóa;

Hình 2 là sơ đồ thể hiện các giai đoạn của quá trình điện hóa; a) là giai đoạn thu giữ ion (xử lý chất ô nhiễm trong nước), b) là nhả ion (hoàn nguyên điện cực cac-bon);

Hình 3 là biểu đồ thể hiện tỷ lệ nồng độ đầu ra và nồng độ ban đầu của chất ô nhiễm cho 10 vòng chạy liên tiếp.

Mô tả chi tiết giải pháp hữu ích

Hình 1 trình bày sơ đồ quy trình xử lý nước nhiễm mặn tích hợp quá trình điện hóa. Ở đây, thành phần cặn lơ lửng được loại bỏ thông qua một bộ lọc màng MF (Microfilter). Sau đó các cation và anion muối bị loại bỏ thông qua quá trình điện hóa với hai chu trình là thu giữ ion và hoàn nguyên. Tiếp theo, nước được khử trùng trước

khi trở thành nước uống. Nước sau quá trình hoàn nguyên và nước rửa màng lọc được thải bỏ.

Nguyên tắc của quá trình hấp phụ điện phụ thuộc vào sự khác biệt của thế điện trên một cặp điện cực để loại bỏ các loại ion tích điện (Na^+ , NH_4^+ , Ca^{2+} và các ion kim loại nặng) khỏi nước bị ô nhiễm. Cơ chế loại bỏ ion có thể được giới thiệu bằng các mô hình điện hai lớp (EDL), trong đó các ion không mong muốn được loại bỏ khỏi nước thông qua quá trình hấp thụ điện trên các điện cực. Trong quá trình này, sự phân tách ion dựa trên quá trình sạc và xả (Hình 2). Đầu tiên, một điện áp bên ngoài được đặt vào một cặp điện cực xấp để chuyển các ion đến điện cực tích điện trái dấu để hấp thụ điện các ion. Ở đây, một số lượng lớn các ion có thể được lưu trữ ở bề mặt điện cực / dung dịch thông qua sự hình thành EDL (giai đoạn thu giữ ion). Thứ hai, một khi các điện cực bão hòa với các ion, điện áp được loại bỏ để tái tạo các điện cực (giai đoạn nhả ion).

Điện hấp phụ là một quá trình xử lý nước dựa trên cơ chế điện hóa không chỉ là sự thay thế khả thi về mặt thương mại để xử lý nước mà còn có ưu điểm tiết kiệm năng lượng. Đó là một trong những ví dụ về tiềm năng của công nghệ khử điện dung trong lĩnh vực xử lý nước. Ngoài ra, so sánh với công nghệ xử lý màng đang được ứng dụng phổ biến hiện nay để loại bỏ thành muối kim loại thì rõ ràng công nghệ điện hấp phụ có ưu thế vượt trội trong mức năng lượng tiêu thụ. Quá trình điện hấp phụ là một trong những công nghệ đáp ứng được xu hướng tiếp cận hiệu quả năng lượng, trong khi quá trình màng phân tách cần 2-8 KWh để tạo 1 m³ nước thành phẩm thì quá trình điện hấp phụ chỉ cần dưới 1 KWh để tạo ra một lượng nước sạch tương đương.

Ví dụ thực hiện giải pháp hữu ích

Ví dụ 1: Sản xuất điện cực sử dụng cho quy trình đề xuất

Để chuẩn bị điện cực than hoạt tính (AC, than hoạt tính gáo dừa, Công ty Cổ phần than hoạt tính Toàn Cầu, Việt Nam) và polyvinylidene fluoride (PVDF, MW = 534.000, Sigma-Aldrich) chất kết dính polymer theo tỷ lệ trọng lượng 9: 1 được hòa tan đồng đều trong N -methyl-2-pyrrolidone (NMP, 99%, ChromAR). Hỗn hợp màu

đen tạo thành được phủ trên một tấm titan (20 cm x 16 cm) và được làm khô ở 120 °C trong 2 giờ và sau đó 80 °C trong 2 giờ trong chân không để loại bỏ tất cả các dung môi hữu cơ. Cuối cùng, các điện cực được ngâm trong nước DI và đặt trong điều kiện chân không để loại bỏ không khí chiếm các khoảng trống bên trong các điện cực.

Ví dụ 2: Ứng dụng quy trình để xử lý nước nhiễm mặn

Thử nghiệm điện hấp phụ một lần được áp dụng cho các điện cực than hoạt tính. Hai điện cực song song được ngăn cách bằng cách sử dụng một miếng đệm cao su dày 1 mm. Dung dịch NaCl cấp vào được dẫn liên tục qua hệ xử lý bằng một máy bơm nhu động (Masterflex L/S, Easy-Load, USA) với tốc độ dòng cố định 10 mL phút⁻¹. Quá trình điện hấp phụ đạt được bằng cách sử dụng bộ nguồn ở chế độ điện áp không đổi ở 1,2 V trong 20 phút và phóng điện được thực hiện ở 0 V trong 20 phút. Những thay đổi về độ dẫn điện của dung dịch và giá trị pH được theo dõi bằng máy đo độ dẫn điện (EC)/pH trực tuyến (C3010, Consort BVBA, Belgium). Theo kết quả đạt được, ở nồng độ NaCl 10 mM, khả năng hấp thụ điện của điện cực cac-bon hoạt tính là 14,9 mg g⁻¹. Hiệu quả khử mặn của quy trình này cũng được đánh giá thông qua năng lượng tiêu thụ. Với nồng độ NaCl 10 mM, năng lượng tiêu thụ để làm ngọt hóa nước nhiễm mặn là 0.036 kWh mol⁻¹ hay 0.089 kWh m⁻³.

Ví dụ 3: Ứng dụng quy trình cho xử lý nước nhiễm mặn nhiều chu kỳ liên tiếp

Các thí nghiệm CDI liên tiếp được thực hiện trong các dung dịch NaCl (10 mM) trong 10 chu kỳ tái sinh. Giá trị nồng độ của các cation, tức là Na⁺ trong dung dịch đầu ra sau quy trình xử lý được tính theo độ dẫn điện. Như thể hiện trong Hình 3, hệ thống xử lý với các điện cực được sử dụng ở chế độ một lần trong 10 chu kỳ sạc - xả liên tiếp. Quy trình xử lý có khả năng hấp thụ điện là 13,5 mg g⁻¹ đối với Na⁺ trong dung dịch NaCl 10 mM ở 1,2 V. Biểu đồ của tỷ lệ nồng độ đầu ra và nồng độ ban đầu (C/C₀) thể hiện khả năng lặp lại tuyệt vời, cho thấy hệ thống có hiệu suất tái sinh tốt để hoạt động lâu dài.

Hiệu quả đạt được của giải pháp hữu ích

Tích hợp công nghệ điện hấp phụ mang lại một quy trình xử lý nước đơn giản hơn so với công nghệ truyền thống với 3 bước cơ bản. Do sử dụng điện là bước cơ bản để kiểm soát hiệu quả loại bỏ chất ô nhiễm nên tính tự động hóa trong công nghiệp cao, khả năng tích hợp các công nghệ nước 4.0 dễ dàng hơn. Việc tăng quy mô công suất của các nhà máy xử lý nước ứng dụng quy trình này sẽ dễ dàng hơn, không cần xây dựng các công trình, cấu kiện phức tạp và tiết kiệm được diện tích đất sử dụng. Điều này cho phép khả năng bố trí các nhà máy nước ở không gian hẹp hơn trong các khu vực đô thị.

Do chỉ sử dụng nguồn điện với điện áp nhỏ (1-1.6 V) nên chi phí điện năng tiêu thụ rất nhỏ. Đây được cho là một quy trình xử lý nước xanh và bền vững, phù hợp với định hướng phát triển môi trường của Việt Nam cũng như Thế giới. So với quy trình xử lý nước hiện tại như sử dụng màng phân tách để xử lý nước ô nhiễm thì quy trình dùng công nghệ điện hấp phụ cho thấy khả năng vượt trội về lượng điện năng tiêu thụ.

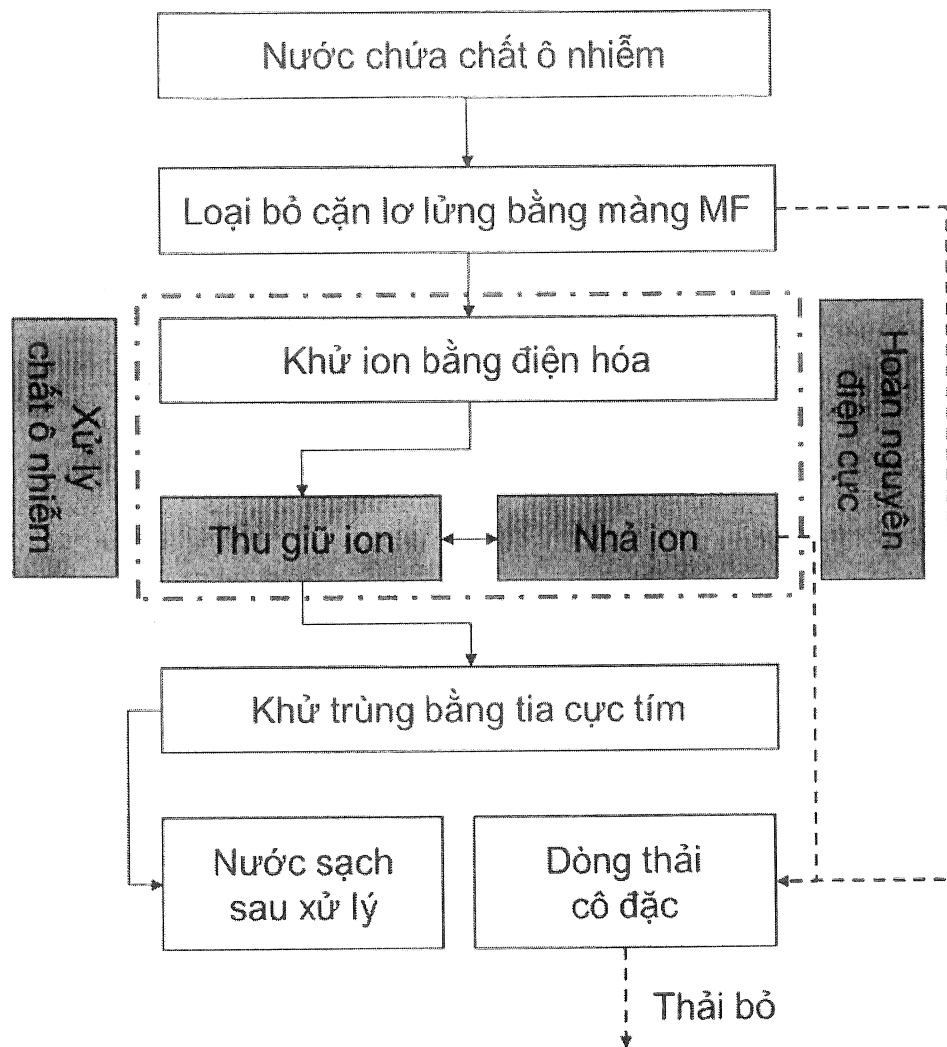
Đặc biệt, theo số liệu thống kê, xâm nhập mặn đã làm cho khoảng 96.000 hộ, tương đương khoảng 430.000 nhân khẩu đang sinh sống tập trung tại bảy tỉnh ven biển (Bến Tre, Sóc Trăng, Kiên Giang, Cà Mau, Bạc Liêu, Long An và Trà Vinh) thiếu nước sinh hoạt nghiêm trọng. Sự xuất hiện của quy trình này có tiềm năng mở ra một giải pháp mới để làm ngọt nước nhiễm mặn ở các khu vực bị ảnh hưởng nghiêm trọng ở Việt Nam.

Một điểm đáng chú ý khác, quy trình này không yêu cầu sử dụng hóa chất trong khâu xử lý nước. Do đó, không gây tác động xấu đến môi trường xung quanh. Bùn thải của nhà máy ít hơn, không chứa hóa chất nên xử lý dễ dàng hơn, có thể được thu hồi và sử dụng như một nguồn vật liệu tái chế.

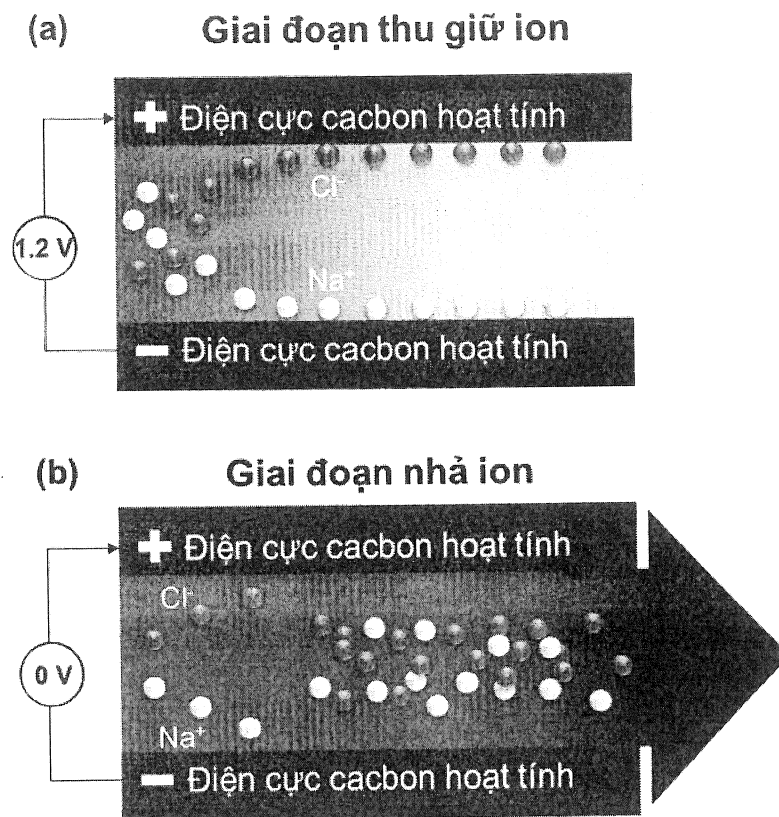
YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Quy trình xử lý nước ô nhiễm làm nước uống bao gồm các bước:

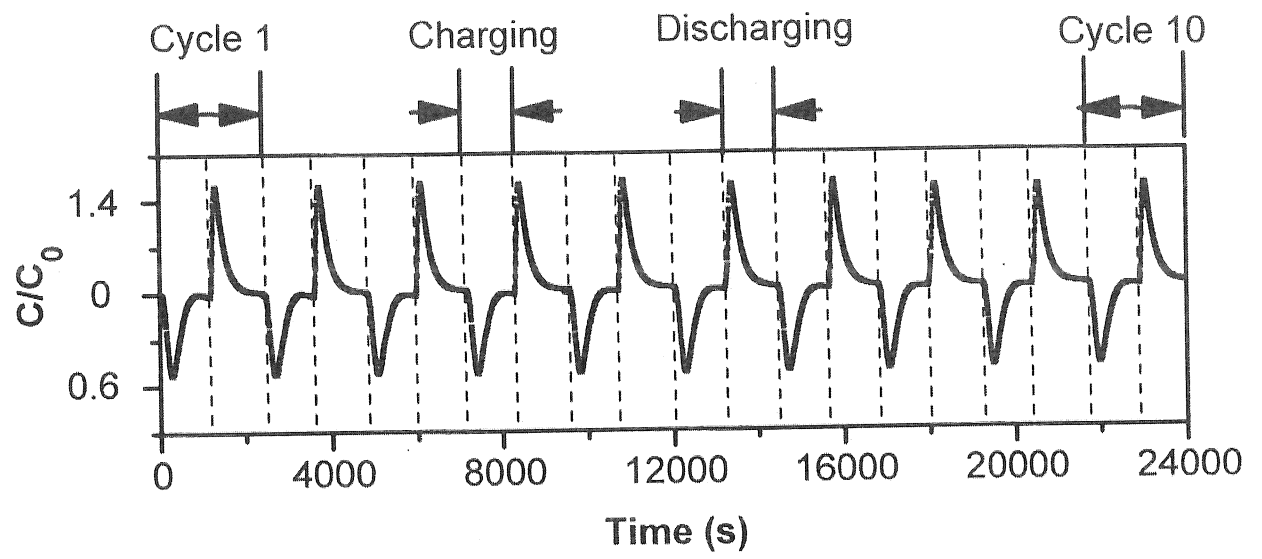
- sơ lọc màng MF để loại bỏ cặn lơ lửng;
- điện hấp phụ, là bước then chốt của quy trình, để loại bỏ các ion ô nhiễm trong nước;
- khử trùng đèn UV để tiêu diệt các vi khuẩn gây bệnh;
- trong đó, quá trình điện hấp phụ theo giải pháp hữu ích sử dụng điện cực titanium (kích thước dài x rộng = 20 x 16 cm) phủ cacbon hoạt tính với chất kết dính polymer polyvinylidene fluoride theo tỷ lệ trọng lượng 9: 1 được hòa tan đồng đều trong N -methyl-2-pyrrolidone dày 0.6-1 mm và bao gồm 2 giai đoạn:
 - thu giữ ion (xử lý chất ô nhiễm trong nước): đưa vào điện áp 1-1.6 V, ion có thể giữ trên bề mặt điện cực bởi lực tĩnh điện trong lớp điện tích kép (electrical double layer), sau đó, nước tinh khiết sẽ được thu;
 - nhả ion (hoàn nguyên điện cực cac-bon): dễ dàng khôi phục khả năng làm việc của điện cực bằng cách loại bỏ điện áp, ion sẽ bị nhả ra và thu được dòng nước thải đã cô đặc.



Hình 1



Hình 2



Hình 3