



(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)



2-0004474

(51) **C02F 1/62; B01D 15/00; B01J 20/00**
2020.01

(13) **Y**

(21) 2-2021-00254

(22) 24/06/2021

(45) 25/11/2025 452

(43) 26/12/2022 417A

(73) Công ty Trách nhiệm hữu hạn Công nghệ dịch vụ và kỹ thuật Ngọc Linh (VN)
Số 6 ngõ 460/7/42 Thụy Khuê, phường Bưởi, quận Tây Hồ, Hà Nội

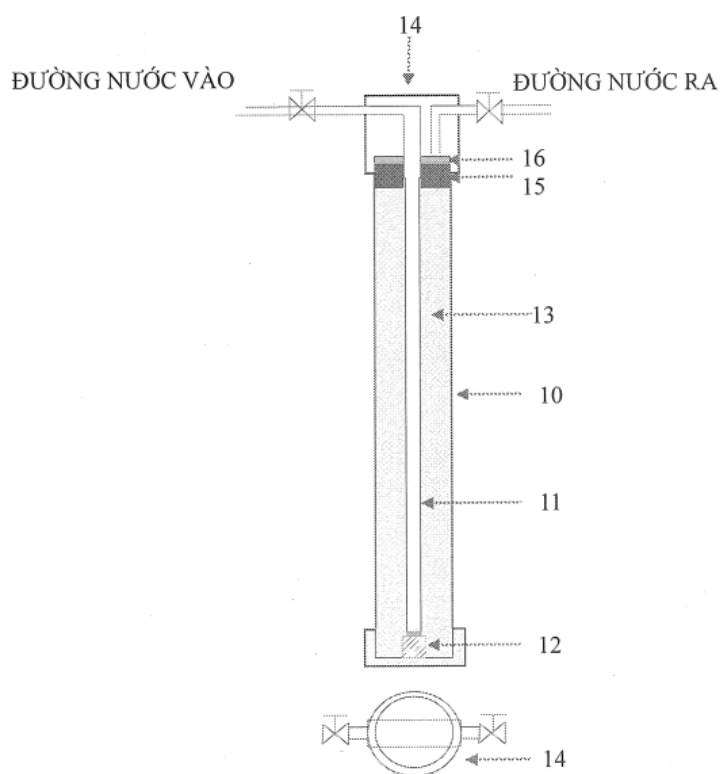
(72) Nguyễn Tiến Vinh (AU); Savanamuthu Vigneswaran (AU); Nguyễn Đình Hân (VN);
Đình Bách Khoa (VN); Nguyễn Thị Hải (VN); Trần Lệ Minh (VN).

(74) CÔNG TY LUẬT TNHH IP MAX (IPMAX LAW FIRM)

(54) **CỘT LỌC ĐỂ LỌC NƯỚC NHIỄM ARSEN VÀ HỆ THỐNG XỬ LÝ NƯỚC
NHIỄM ARSEN BAO GỒM CỘT LỌC NÀY**

(21) 2-2021-00254

(57) Giải pháp hữu ích đề cập đến cột lọc (10) để lọc nước nhiễm arsen bao gồm lớp vật liệu (13) có nguồn gốc là đá ong tự nhiên (vật liệu NLTT), vật liệu này chứa 45-50% Fe_2O_3 , 15-20% Al_2O_3 , tính theo tổng khối lượng của lớp vật liệu, và có diện tích bề mặt hấp phụ 150-160 m^2/g vật liệu; ống phân phối nước (11) được bố trí ở giữa cột lọc (10) để dẫn nước từ trên đỉnh cột xuống đáy cột, phía cuối ống phân phối nước có bộ phân chia có các rãnh (12) để phân phối đều nước vào lớp vật liệu NLTT (13), nước sau xử lý được thu ở đầu thu trên nắp (14); và nắp (14) được bố trí trên đỉnh cột lọc có khả năng tháo rời được để thay thế vật liệu thuận tiện. Giải pháp hữu ích cũng đề cập đến hệ thống xử lý nước nhiễm arsen bao gồm cột lọc này,



Hình 1

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Giải pháp hữu ích thuộc lĩnh vực cấp nước sạch, cụ thể hơn, giải pháp hữu ích đề cập đến cột lọc để lọc nước nhiễm arsen và hệ thống xử lý nước nhiễm arsen quy mô hộ gia đình hoặc quy mô lớn hơn bao gồm cột lọc này.

Tình trạng kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Arsen (As) là một nguyên tố có độc tính cao và được Cơ quan đăng ký dịch bệnh và chất độc hại của Hoa Kỳ xếp hạng số 1 trong danh sách ưu tiên các chất độc hại năm 2001. Ô nhiễm arsen trong nước uống và nước ngầm đã trở thành một vấn đề nghiêm trọng ở nhiều quốc gia như Bangladesh, Việt Nam, Ấn Độ, Trung Quốc, v.v.. Tùy thuộc vào các điều kiện oxy hóa khử, arsen có thể tồn tại trong nước ngầm ở cả trạng thái oxy hóa: As hóa trị ba (As(III), arsenit) và As hóa trị năm (As(V), arsenat). Cả hai dạng đều là những gốc vô cơ có độc tính cao. Độc tính của arsenit cao hơn nhiều so với arsenat. Việc sử dụng nước bị nhiễm arsen trong một thời gian dài có thể dẫn đến tổn thương phổi, gan, da và các hệ thống khác của cơ thể.

Ở Việt Nam, tổng hàm lượng arsen tương ứng trong nước ngầm ở Đồng bằng sông Cửu Long và Đồng bằng sông Hồng là 1–845 $\mu\text{g/L}$ (trung bình 39 $\mu\text{g/L}$) và 1–3050 $\mu\text{g/L}$ (trung bình 159 $\mu\text{g/L}$). Các nhà nghiên cứu của Viện Khoa học và Công nghệ Thủy sinh Liên bang Thụy Sĩ (Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology) và Đại học Quốc gia Hà Nội ước tính rằng khoảng một triệu người ở Đồng bằng sông Hồng phải sử dụng nước sinh hoạt có tổng hàm lượng arsen $> 50 \mu\text{g/L}$. Con số này cao gấp 5 lần so với hướng dẫn của WHO và tiêu chuẩn chất lượng nước uống của Việt Nam. Ở nhiều địa phương của Việt Nam, cát được sử dụng rộng rãi để xử lý nước bị ô nhiễm. Tuy nhiên, phương pháp xử lý này nhìn chung không thể tạo ra nước uống an toàn, do đó đã không giảm được tổng hàm lượng arsen dưới tiêu chuẩn chất lượng nước uống Việt Nam cho người dân địa phương.

Để giải quyết vấn đề này, một số kỹ thuật đã được phát triển để loại bỏ arsen khỏi nước. Các kỹ thuật chính bao gồm trao đổi ion, kết tủa hóa học-đông tụ, hấp phụ, lọc

màng. Trong số các kỹ thuật này, hấp phụ được coi là phương pháp tiết kiệm chi phí nhất để loại bỏ arsen ở quy mô hộ gia đình và quy mô cộng đồng dân cư nhỏ vì hiệu suất loại bỏ cao, tiêu thụ năng lượng thấp, thiết kế và vận hành đơn giản, và giảm thiểu sự tạo ra chất thải. Các vật liệu có chứa sắt và nhôm được coi là chất hấp phụ phù hợp vì chúng có ái lực cao với arsen. Vật liệu nano (ví dụ, nano sắt oxit/hydroxit, nano TiO_2 , nano sắt hóa trị không, nano CuO , nano ZnO và hydroxit kép phân lớp) cũng đã được xác định là chất hấp phụ hiệu quả cao để loại bỏ As(III) và As(V) khỏi môi trường nước. Tuy nhiên, những vật liệu nano như vậy tồn tại ở dạng bột và rất khó để tách chúng ra khỏi nước sau khi hấp phụ. Trong các cột lọc, chúng gây ra các vấn đề thủy lực do làm tắc các cột lọc. Các chất hấp phụ thương mại phổ biến khác (than hoạt tính và alumin hoạt tính) cũng có thể loại bỏ arsen khỏi nước một cách hiệu quả. Tuy nhiên, chi phí tương đối cao có thể khiến chúng không được ứng dụng thực tế tại các vùng nông thôn. Ngoài ra, những vật liệu này cần được tái sinh để có các lựa chọn tái sử dụng. Các chất hấp phụ tự nhiên chi phí thấp (đất sét, goetit, zeolit, đá ong, bùn đỏ, tro bay, v.v.) đã được nghiên cứu để thay thế cho các chất hấp phụ đất tiền hiện nay trong việc xử lý arsen từ nước bị ô nhiễm và nước thải do chúng sẵn có tại chỗ, chi phí thấp và hiệu quả. Tuy nhiên, ứng dụng của các chất hấp phụ chi phí thấp đó ở quy mô pilot và quy mô lớn vẫn còn hạn chế, hầu hết chúng vẫn ở trạng thái nghiên cứu. Hơn nữa, nỗ lực chuyển đổi kết quả nghiên cứu thành một hệ thống có chi phí thấp, dễ vận hành, khả năng hấp phụ đối với các loại arsen cao để sử dụng ở nông thôn vẫn còn thiếu.

Trước thực trạng ô nhiễm arsen (As) trong nước ngầm đang là một vấn đề nghiêm trọng, trong khi hàng triệu người dân ở khu vực ô nhiễm này không thể tiếp cận nước sạch từ hệ thống xử lý nước tập trung hiện có. Họ cũng không có khả năng mua các loại nước sinh hoạt đắt tiền. Vì vậy, có nhu cầu cấp thiết về một hệ thống lọc phi tập trung giá rẻ, dễ vận hành, có thể loại bỏ một cách hiệu quả arsen khỏi nước dùng cho sinh hoạt.

Bản chất kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Mục đích của giải pháp hữu ích là đề xuất hệ thống xử lý nước nhiễm arsen phi tập trung, sử dụng vật liệu có nguồn gốc là đá ong tự nhiên (dưới đây được gọi là vật liệu NLTT), để dùng cho các hộ gia đình hoặc các đơn vị sử dụng nước ở khu vực có nguồn nước ngầm bị ô nhiễm và không thể tiếp cận nước sạch từ hệ thống xử lý nước tập trung hiện có.

Mục đích khác của giải pháp hữu ích là đề xuất hệ thống xử lý nước nhiễm arsen cho phép loại bỏ đồng thời cả amoni, độ cứng trong nước.

Mục đích khác nữa của giải pháp hữu ích là đề xuất hệ thống xử lý nước nhiễm arsen cho phép loại bỏ cả các chất ô nhiễm khác bao gồm Coliform, E.Coli, hữu cơ, anion phosphat, silicat, bicacbonat, sulfat và clorua trong nước.

Các mục đích khác nữa của giải pháp hữu ích là đề xuất hệ thống xử lý nước nhiễm arsen mà:

- Dễ vận hành và bảo dưỡng.
- Có tuổi thọ cao.
- Không cần sử dụng điện năng và giá thành rẻ.

Để đạt được các mục đích nêu trên, giải pháp hữu ích đề xuất:

[1] Hệ thống xử lý nước nhiễm arsen bao gồm:

cột lọc (10) để xử lý nước nhiễm arsen bao gồm:

lớp vật liệu NLTT (13) có nguồn gốc là đá ong tự nhiên, không cần biến tính bằng hóa chất, vật liệu này chứa 45-50% Fe_2O_3 , 15-20% Al_2O_3 , tính theo tổng khối lượng của lớp vật liệu, và có diện tích bề mặt hấp phụ 150-160 m^2/g vật liệu;

ống phân phối nước (11) được bố trí ở giữa cột lọc (10) để dẫn nước từ trên đỉnh cột xuống dưới đáy cột, phía cuối ống phân phối nước có bộ phân chia có các rãnh (12) để phân phối đều nước vào lớp vật liệu NLTT (13), nước sau xử lý được thu ở đầu thu trên nắp (14); và

nắp (14) được bố trí trên đỉnh cột lọc có khả năng tháo rời được để thay thế vật liệu thuận tiện.

[2] Hệ thống theo mục [1], trong đó phía trên lớp vật liệu NLTT (13) còn bao gồm:

lớp cát (15), và/hoặc

lớp vật liệu (16), bằng nhựa an toàn PP/PET/PVC hoặc bằng xốp, dạng lưới để ngăn tràn vật liệu ra khỏi cột lọc.

Cột lọc của hệ thống theo mục [1] hoặc [2] có các ưu điểm sau:

Cột lọc có thể để trong tủ lọc hoặc treo vào tường hoặc tủ bếp,

Nước có thể chảy qua cột lọc mà không cần bơm, chỉ cần áp suất từ hệ thống cấp nước máy hoặc từ bể chứa nước cần xử lý đặt phía trên cột lọc, ví dụ đặt trên mái nhà.

Hệ thống gồm một cột lọc, ví dụ được chế tạo đơn giản từ ống lọc nước có đường kính từ 11 cm đến 15,5 cm và chiều cao từ 80 cm đến 100 cm chẳng hạn, hoặc sử dụng cốc lọc thương mại 20" có đường kính từ 12,5 cm đến 15,5 cm và chiều cao khoảng 55cm. Với cấu tạo này, thời gian tiếp xúc cột rỗng (Empty Bed Contact Time - EBCT) cao hơn hẳn cốc lọc thương mại 10" và 20" và nước phân phối đều qua vật liệu lọc. Ví dụ ở tốc độ lọc 10 -20 L/giờ, EBCT của cột lọc theo phương án thứ nhất của giải pháp hữu ích đạt 22-90 phút, cao hơn cốc lọc thương mại 10" và 20" có EBCT 3- 21 phút ở cùng tốc độ lọc. Thời gian tiếp xúc cột rỗng được xác định bằng thể tích của cột rỗng chia cho tốc độ dòng chảy qua cột. Đại lượng này là thước đo đánh giá thời gian nước tiếp xúc với vật liệu lọc. Nhờ thời gian tiếp xúc giữa nước với vật liệu lọc tốt, nên hiệu quả lọc nước tốt hơn.

[3] Hệ thống theo mục [1] hoặc [2], trong đó hệ thống này còn bao gồm hệ thống ejector (22) và bể lọc cát (24) được bố trí phía trước cột lọc (10).

Hệ thống theo mục [3] có ưu điểm là xử lý được nước ngầm nhiễm arsen kèm theo sắt, amoni. Theo hệ thống này, nước ngầm được bơm qua hệ thống ejector (22) vào bể lọc cát (24). Ejector sẽ bổ sung oxy từ không khí để trộn với nước dẫn đến đông kết tủa sắt và arsen. Các kết tủa sắt-arsen sẽ được loại bỏ qua bể lọc cát (24). Ejector cũng oxy hóa amoni và làm giảm hàm lượng amoni trong nước.

[4] Hệ thống theo mục [1] hoặc [2], trong đó hệ thống này còn bao gồm:

cột lọc (30) để xử lý amoni được bố trí nối tiếp với cột lọc (10), cột lọc (30) bao gồm:

lớp vật liệu Purolite C100E (33);

ống phân phối nước (31) được bố trí ở giữa cột lọc (30) để dẫn nước từ trên đỉnh cột xuống đáy cột, phía cuối ống phân phối nước có bộ phân chia có các rãnh (32) để phân phối đều nước vào lớp vật liệu Purolite C100E (33), nước sau xử lý được thu ở đầu thu trên nắp (34); và

nắp (34) được bố trí trên đỉnh cột lọc có khả năng tháo rời được để thay thế vật liệu thuận tiện.

[5] Hệ thống theo mục [4], trong đó phía trên lớp vật liệu Purolite C100E (33) còn bao gồm:

lớp vật liệu (35), bằng nhựa an toàn PP/PET/PVC hoặc bằng xốp, dạng lưới để ngăn tràn vật liệu ra khỏi cột lọc.

[6] Hệ thống theo mục [4] hoặc [5], trong đó hệ thống này còn có đường ống nhánh (38) nối với đường nước vào cột lọc (30) thông qua van (36), để điều tiết dòng nước chảy qua cột lọc (30).

Hệ thống theo mục bất kỳ trong số các mục từ [4] đến [6] có ưu điểm là xử lý được nước ngầm nhiễm arsen và cả amoni. Cột lọc (30) có thiết kế giống cột lọc (10) (trừ vật liệu trong các cột), nên cột lọc (30) cũng có những ưu điểm của cột lọc (10) như nêu ở mục [2] nêu trên và còn có thêm các ưu điểm sau:

Sau một thời gian xử lý và vật liệu bị bão hoà, vật liệu purolite C100E có thể được hoàn nguyên để sử dụng lại tại chỗ bằng cách cho dung dịch nước muối chảy qua cột lọc (30).

Ngoài khả năng giảm hàm lượng amoni, cột lọc (30) còn có khả năng giảm độ cứng của nước.

[7] Hệ thống theo mục bất kỳ trong số các mục từ [4] đến [6], trong đó:

cụm gồm cột lọc (10) và cột lọc (30) được kết nối nối tiếp với nhau tạo thành cấp xử lý thứ nhất để xử lý arsen, amoni kèm theo độ cứng; và

hệ thống này còn bao gồm:

cấp xử lý thứ hai là cột lọc (40) bao gồm lớp than hoạt tính (43), ống phân phối nước (41) được bố trí ở giữa cột lọc (40) để dẫn nước từ trên đỉnh cột xuống dưới đáy cột, phía cuối ống phân phối nước có bộ phân chia có các rãnh (42) để phân phối đều nước vào lớp than hoạt tính (43), nước sau xử lý được thu ở đầu thu trên nắp (44), và nắp (44) được bố trí trên đỉnh cột lọc có khả năng tháo rời được để thay thế vật liệu thuận tiện, trong đó cột lọc chứa than hoạt tính nhằm mục đích xử lý các chất gây màu, mùi và độc hại trong nước, làm giảm chất hữu cơ và làm giảm việc tắc màng lọc RO;

cấp xử lý thứ ba là cột lọc (5) loại 10 - 20" chứa lõi lọc PP 1µm để loại bỏ các chất cặn;

cấp xử lý thứ tư là màng lọc RO (6) để loại bỏ các chất ô nhiễm còn lại; và

cấp xử lý thứ năm là cột lọc bù khoáng (7) để bổ sung thêm vi lượng cho nước;

trong đó năm cấp xử lý này được bố trí nối tiếp nhau, đầu ra của cấp phía trước nối với đầu vào của cấp phía sau.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1 là hình vẽ hệ thống xử lý nước nhiễm arsen theo phương án chỉ sử dụng cột lọc chứa vật liệu NLTT của giải pháp hữu ích.

Hình 2 là hình vẽ hệ thống được cải biến từ phương án trên Hình 1, trong đó hệ thống ejector và bể lọc cát được bố trí phía trước cột lọc chứa vật liệu NLTT để xử lý nước ngầm nhiễm arsen kèm theo sắt, amoni.

Hình 3 là hình vẽ hệ thống xử lý nước nhiễm arsen và cả amoni theo một phương án của giải pháp hữu ích.

Hình 4 là hình vẽ hệ thống xử lý nước nhiễm arsen, amoni và các chất ô nhiễm khác theo một phương án của giải pháp hữu ích.

Hình 5a là phổ XRD (X-ray Diffraction - nhiễu xạ tia X) và Hình 5b là kết quả phân tích XRF (X-ray Fluorescence - huỳnh quang tia X) của vật liệu NLTT.

Mô tả chi tiết giải pháp hữu ích

Sau đây, các khía cạnh, các phương án và các hiệu quả của giải pháp hữu ích sẽ được mô tả chi tiết hơn có dựa vào các hình vẽ kèm theo.

Theo một phương án, giải pháp hữu ích đề xuất phương pháp xử lý nước nhiễm arsen bằng hệ thống trên Hình 1.

Hình 1 thể hiện hệ thống xử lý nước nhiễm arsen chỉ sử dụng cột lọc 10 chứa vật liệu NLTT theo giải pháp hữu ích, cột lọc 10 bao gồm:

lớp vật liệu NLTT 13 có nguồn gốc là đá ong tự nhiên, không cần biến tính bằng hóa chất, vật liệu này chứa 45-50% Fe_2O_3 , 15-20% Al_2O_3 , tính theo tổng khối lượng của lớp vật liệu, và có diện tích bề mặt hấp phụ 150-160 m^2/g vật liệu;

ống phân phối nước 11 được bố trí ở giữa cột lọc 10 để dẫn nước từ trên đỉnh cột xuống dưới đáy cột, phía cuối ống phân phối nước có bộ phân chia có các rãnh 12 để phân phối đều nước vào lớp NLTT 13, nước sẽ đi từ dưới cột đi lên và tiếp xúc đều với vật liệu NLTT 13, nước sau xử lý được thu ở đầu thu trên nắp 14; và

nắp 14 được bố trí trên đỉnh cột lọc có khả năng tháo rời được để thay thế vật liệu khi hiệu quả làm việc của vật liệu bị suy giảm dưới giới hạn đảm bảo an toàn cho mục tiêu xử lý đã được xác định, và cần thiết phải thực hiện hoàn nguyên hoặc thay thế để đảm bảo hiệu quả xử lý và cho phép sử dụng lại cột lọc để giảm chi phí.

Theo một khía cạnh của hệ thống nêu trên, lớp vật liệu NLTT 13 là đá ong khai thác ở huyện Thạch Thất, được xử lý bằng cách nghiền, sàng đến cỡ hạt 1-4 mm, rửa sạch bằng nước và có các tính chất thuận lợi hơn các loại đá ong ở vùng khác trong xử lý arsen.

Kết quả phân tích XRD (Hình 5a) đã chứng minh rằng vật liệu NLTT này chứa goetit, hematit, nacrit, thạch anh và anataza. Hơn nữa, phân tích XRF (Hình 5b) chỉ ra rằng các thành phần hóa học chủ yếu của vật liệu NLTT này gồm, tính theo tổng khối lượng của lớp vật liệu, 45-50% Fe_2O_3 , 15-20% Al_2O_3 , 12-15% SiO_2 , và một số thành phần phụ gồm 2-3% TiO_2 , 0,4-0,6% P_2O_5 và 0,3-0,4% MnO . Nhờ các thành phần hóa học này, vật liệu NLTT trở thành một vật liệu độc đáo có thể hoạt động như một chất xúc tác tiềm năng và chất hấp phụ đầy hứa hẹn có thể loại bỏ chất gây ô nhiễm arsen khỏi nước ở hiệu quả cao, có thể áp dụng thực tế.

Theo một khía cạnh khác của hệ thống nêu trên, trong đó vật liệu NLTT có diện tích bề mặt hấp phụ 150-160 m^2/g vật liệu và tổng thể tích lỗ rỗng là 0,5-0,6 cm^3/g vật liệu.

Theo một khía cạnh khác của hệ thống nêu trên, phía trên lớp vật liệu NLTT 13 có thể còn bao gồm lớp cát 15, và/hoặc lớp vật liệu 16, bằng nhựa an toàn PP/PET/PVC hoặc bằng xốp, dạng lưới để ngăn tràn vật liệu ra khỏi cột lọc. Trong đó, PP là nhựa Polypropylen, PET là nhựa Polyetylen Terephthalat, và nhựa PVC là Polyvinyl Clorua. Lớp cát 15 là cát lọc tự nhiên, được mua ở cửa hàng thương mại. Lớp vật liệu 16 bằng nhựa an toàn PP/PET/PVC hoặc bằng xốp, được bố trí phía trên lớp cát 15.

Theo một khía cạnh khác của hệ thống nêu trên, trong đó:

Chiều cao lớp vật liệu NLTT 13 nằm trong khoảng từ 70 đến 90 cm, tốt hơn là 80 cm,

Vật liệu NLTT 13 có cỡ hạt nằm trong khoảng từ 1 đến 4,0 mm,

Chiều dày lớp cát 15 nằm trong khoảng từ 3 đến 5 cm, tốt hơn là 4 cm,

Cát 15 có cỡ hạt nằm trong khoảng từ 1 đến 2 mm,

Chiều dày lớp vật liệu 16, bằng nhựa an toàn PP/PET/PVC hoặc bằng xốp, nằm trong khoảng từ 0,3 đến 3 cm, tốt hơn là 1 cm,

Vật liệu 16 được sử dụng có dạng lưới có lỗ rỗng 0,1-0,5 mm, tốt hơn là 0,7 mm.

Theo một khía cạnh khác nữa của hệ thống nêu trên, trong đó đường kính cột lọc nằm trong khoảng từ 11 cm đến 15,5 cm và chiều cao nằm trong khoảng từ 80 cm đến 100 cm. Với cấu tạo này, nước đi qua cột lọc 10 từ dưới lên trên với tốc độ nằm trong khoảng từ 10 đến 20 L/giờ, tương ứng với thời gian tiếp xúc cột rỗng 22-90 phút.

Theo một phương án, giải pháp hữu ích đề xuất phương pháp xử lý nước nhiễm arsen bằng hệ thống trên Hình 2.

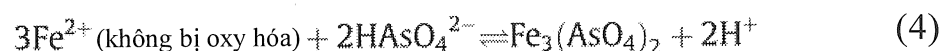
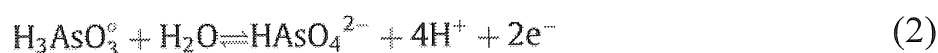
Hình 2 thể hiện hệ thống xử lý nước nhiễm arsen được cải biến từ phương án trên Hình 1, trong đó hệ thống này còn bao gồm hệ thống ejector (ejector) 22, vòi phun nước chống tắc 23 và bể lọc cát 24 được bố trí phía trước cột lọc chứa vật liệu NLTT.

Hệ thống theo phương án này có ưu điểm là xử lý được nước ngầm nhiễm arsen kèm theo sắt, amoni. Theo hệ thống này, nước ngầm được hút lên bởi bơm 21 sẽ đi qua hệ thống ejector 22 trước khi được phân phối theo dạng hạt nước thông qua vòi phun nước chống tắc 23 vào bể lọc cát 24. Ejector làm nhiệm vụ chính là khuếch tán oxy không khí vào trong nước để thúc đẩy quá trình oxy hóa và dẫn đến quá trình đồng kết tủa sắt và arsen. Các kết tủa sắt-arsen sẽ được loại bỏ qua bể lọc cát 24. Vai trò chính của bể lọc cát để loại bỏ các cặn lơ lửng, một phần lớn trong quá trình này hình thành từ các chất bị kết tủa mang theo một số chất ô nhiễm như arsen, sắt, v.v., và nâng cao hiệu quả của toàn hệ thống. Nhờ đó hàm lượng cả arsen và sắt được giảm đi và nước cũng được làm trong. Nước sau khi đi qua bể lọc cát 24 sẽ chảy qua cột lọc 10 để lọc arsen như đã mô tả ở trên Hình 1.

Các tác giả giải pháp hữu ích đã tiến hành thử nghiệm để chứng minh hiệu quả xử lý của hệ thống ejector với bể lọc cát ở 1 hộ dân tại Phường Lĩnh Nam, Quận Hoàng Mai,

Hà Nội trong tháng 8/2020. Kết quả phân tích cho thấy hàm lượng arsen, sắt và amoni trong nước ngầm giảm tương ứng từ 0,079mg/L, 23mg/L và 25,7mg/L xuống còn 0,001mg/L, <0,05mg/L và 16,6 mg/L, tương ứng, sau xử lý bằng ejectơ và bể lọc cát. Hàm lượng arsen và sắt sau xử lý đạt tiêu chuẩn nước ăn uống của Việt Nam QCVN01/2009BYT (0,01 mg/L đối với As và 0,3 mg/L đối với Fe). Hàm lượng amoni giảm được 35% và amoni còn vượt tiêu chuẩn, và có thể được xử lý bằng phương án cải biến của giải pháp hữu ích được trình bày dưới đây.

Về bản chất, khi nước ngầm chứa sắt tiếp xúc với không khí tự nhiên qua ejectơ, quá trình oxy hóa Fe^{2+} thành Fe^{3+} có thể xảy ra một cách tự phát (Phương trình (1) sau đây). Ngoài ra, As(III) có thể bị oxy hóa thành As(V) trong trường hợp này (Phương trình (2) sau đây). Quá trình đồng kết tủa giữa Fe^{3+} cũng như Fe^{2+} và As chủ yếu được coi là cơ chế loại bỏ arsen khỏi nước. Điều này có nghĩa là ejectơ kết hợp bể lọc cát (sẵn có của hộ dân) sẽ đóng một phần quan trọng trong quá trình xử lý arsen và sắt. Do quá trình đồng kết tủa giữa arsen và sắt để tạo thành kết tủa $\text{FeAsO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ và $\text{Fe}_3(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ được diễn ra, giúp làm giảm được hàm lượng các chất ô nhiễm Fe, As trong nguồn nước xử lý. Sự mô phỏng quá trình đồng kết tủa được biểu diễn ở các phương trình (3)-(4) sau đây.



Tuy nhiên, quá trình đồng kết tủa như vậy phụ thuộc nhiều vào tỷ lệ Fe/As và tiếp xúc giữa nước và không khí.

Các tác giả giải pháp hữu ích đã thử nghiệm và lấy mẫu phân tích của 2 hộ dân tại xã Hoàng Tây, huyện Kim Bảng, tỉnh Hà Nam, trong thời gian 7 tháng từ tháng 5/2019 tới tháng 12/2019 với hệ bổ sung khí bằng giàn phun mưa truyền thống. Kết quả phân tích trong suốt quá trình cho thấy:

Tại nguồn nước ngầm:

+ Hàm lượng As tại nguồn nước ngầm của 2 hộ dân dao động từ 0,156 – 0,235 mg/L tại hộ dân 1; và 0,113 – 0,172 mg/L tại hộ dân 2. Hàm lượng As đo được cao gấp 11–24 lần so với quy chuẩn nước ăn uống của Việt Nam (0,01mg/L).

+ Hàm lượng Fe tại nguồn nước ngầm của hộ dân 1 và hộ dân 2 dao động lần lượt là 7,9 – 15,0 mg/L; 8,2 – 14,6 mg/L.

Tại nguồn nước sau bể lọc cát:

+ Hàm lượng As đo được của hộ dân 1 và hộ dân 2 dao động lần lượt là 0,022–0,089 mg/L và 0,023–0,081 mg/L.

+ Hàm lượng Fe của 2 hộ dân dao động từ 0,16 – 1,05 mg/L tại hộ dân 1; và 0,32 – 1,37 mg/L tại hộ dân 2.

Như vậy:

Tỷ lệ Fe/As của nguồn nước ngầm tại hộ dân 1 và hộ dân 2 dao động lần lượt là 51 – 64 lần và 73 – 85 lần. Tỷ lệ Fe/As của nguồn nước sau lọc cát tại hộ dân giảm đáng kể, cụ thể tỷ lệ này đo được tại hộ dân 1 và hộ dân 2 lần lượt là 7 – 12 lần, 14 – 17 lần. Đồng thời hàm lượng As và Fe giảm đáng kể sau khi qua bể lọc cát của hộ dân. Tuy nhiên hàm lượng As vẫn cao hơn mức quy chuẩn nước ăn uống của Việt Nam và WHO (0,01 mg/L) từ 2 –9 lần. Chính vì thế, cần phải sử dụng hệ thống cột lọc 10 có chứa vật liệu NLTT để loại bỏ arsen sau bể lọc cát hộ dân xuống dưới tiêu chuẩn.

Kết quả đo tại nguồn nước sau hệ thống xử lý sau 7 tháng hoạt động từ tháng 5/2019 tới tháng 12/2019:

+ Hàm lượng As đo được của hộ dân 1 và hộ dân 2 dao động lần lượt là: 0,004 – 0,009 mg/L; 0,003 –0,009 mg/L, dưới quy chuẩn nước ăn uống QCVN01/2009BYT.

+ Hàm lượng Fe đo được của các hộ dân đều thấp hơn hàm lượng Fe theo quy chuẩn nước ăn uống QCVN01/2009BYT.

Như vậy, tại hộ dân số 1 và số 2 trong quá trình 7 tháng sử dụng nguồn nước sau hệ thống xử lý lọc arsen thì hàm lượng As và Fe đều đạt tiêu chuẩn nước uống Việt Nam (0,01 mg/L đối với As và 0,3 mg/L đối với Fe).

Tóm lại, với hệ thống theo giải pháp hữu ích, nước đầu ra có tổng hàm lượng arsen và hàm lượng sắt được duy trì thấp hơn mức tiêu chuẩn cho phép của nước ăn uống của Việt Nam QCVN01:2009/BYT.

Theo một phương án, giải pháp hữu ích đề xuất phương pháp xử lý nước nhiễm arsen bằng hệ thống trên Hình 3.

Hình 3 thể hiện một phương án khác nữa của hệ thống theo giải pháp hữu ích, cho phép xử lý nước nhiễm arsen và cả amoni, hệ thống này bao gồm: cột lọc 10 để lọc arsen như đã mô tả đối với phương án trên Hình 1; và cột lọc 30 để lọc amoni bố trí nối tiếp phía sau cột lọc 10. Cấu tạo cột lọc 30 bao gồm: lớp vật liệu Purolite C100E 33; ống phân phối nước 31 được bố trí ở giữa cột lọc để dẫn nước từ trên đỉnh cột xuống đáy cột, phía cuối ống phân phối nước có bộ phân chia có các rãnh 32 để phân phối đều nước vào lớp vật liệu Purolite C100E 33, nước sau xử lý được thu ở đầu thu trên nắp 34; và nắp 34 được bố trí trên đỉnh cột lọc có khả năng tháo rời được để thay thế vật liệu thuận tiện. Phía trên lớp nhựa trao đổi ion này có lớp vật liệu 35, bằng nhựa an toàn PP/PET/PVC hoặc bằng xốp, dạng lưới để ngăn tràn vật liệu ra khỏi cột lọc. Nhìn chung, theo giải pháp hữu ích, cấu tạo của cột lọc 30 cũng tương tự như cột lọc 10 để lọc arsen, ngoại trừ vật liệu lọc trong cột lọc 30 chỉ gồm nhựa trao đổi ion Purolite C100E. Theo đó, với đường kính cột lọc 30 nằm trong khoảng từ 11 cm đến 15,5 cm và chiều cao nằm trong khoảng từ 80 cm đến 100 cm, nước đi qua cột lọc 30 từ dưới lên trên với tốc độ nằm trong khoảng từ 10 đến 20 L/giờ, tương ứng với thời gian tiếp xúc cột rộng 22-90 phút.

Nhựa trao đổi ion Purolite C100E được sử dụng trong cột lọc 30 có hiệu quả xử lý amoni tốt, ở điều kiện thử nghiệm trong phòng thí nghiệm của Đại học Bách Khoa Hà Nội, hiệu quả xử lý là 36,2 mg amoni/g vật liệu, cao hơn so với các vật liệu trong cùng điều kiện thử nghiệm. Nhóm chức năng của Purolite C100E là axit sulfonic với gel polystyren được liên kết ngang với divinylbenzen, giúp nâng cao độ bền của vật liệu. Tổng dung lượng trao đổi của ion theo nhà cung cấp (công ty Purolite) là 2,2 – 2,4 eq/kg, cao hơn nhiều lần các loại zeolit tự nhiên (0,05 – 0,1 eq/kg).

Các tác giả giải pháp hữu ích cũng đã thử nghiệm xử lý nước giếng khoan nhiễm amoni bằng cột lọc 30 có đường kính 11 cm, cao 80 cm, chứa 5,7 L Purolite C100E ở 1 hộ dân tại Phường Lĩnh Nam, Quận Hoàng Mai, Hà Nội trong tháng 5/2020. Kết quả phân tích cho thấy:

Hàm lượng amoni tại nguồn nước ngầm của hộ dân dao động từ 5 - 8 mg/L.

Sau hơn 154 giờ hoạt động liên tục và lọc được hơn 2300 lít nước, tốc độ lọc 15 L/giờ, hàm lượng amoni đầu ra dao động từ không phát hiện được đến 0,3mg/L, thấp hơn

nhiều mức tiêu chuẩn amoni cho phép (3 mg/L) của nước ăn uống của Việt Nam QCVN01/2009BYT. Kết quả của thử nghiệm này một lần nữa chứng tỏ hiệu quả loại bỏ amoni của Purolite C100E khi được sử dụng trong cột lọc 30 có cấu tạo như nêu trên.

Theo một khía cạnh của hệ thống nêu trên, đường nước vào cột lọc 10 để lọc arsen còn có đường ống nhánh nối 18 với đường nước vào cột lọc 30, trên đường ống nhánh này có van 19 để khi không có nhu cầu xử lý arsen bằng cột lọc 10, thì khóa cột lọc 10 lại bằng van 17 và mở van 19 để dẫn nước cần xử lý qua thẳng cột lọc 30. Theo một khía cạnh khác, cột lọc 30 để lọc amoni cũng có thể bố trí một mình nếu không có nhu cầu xử lý arsen bằng cột lọc 10.

Thể tích vật liệu lọc Purolite C100E được sử dụng bằng 60-70% thể tích cột lọc 30. Việc chỉ dùng tỷ lệ thể tích như vậy sẽ tạo điều kiện thuận lợi cho việc hoàn nguyên (tái sinh vật liệu) khi hiệu quả xử lý của vật liệu giảm. Việc tái sinh có thể thực hiện đơn giản bằng cách tháo đường nối ống vào van 36 và ống ra van 37 của cột lọc amoni ra khỏi hệ thống, bơm nước muối (NaCl) có hàm lượng 10-20% với tốc độ 10-30 L/giờ qua cột lọc amoni trong thời gian 30-50 phút. Kết quả thử nghiệm với nước ngầm nhiễm amoni cho thấy sau khi hoàn nguyên khả năng xử lý amoni của vật liệu bằng 70 - 90% so với vật liệu Purolite C100E ban đầu.

Cột lọc 30 còn có khả năng xử lý đến 99,6% độ cứng của nước. Việc áp dụng cột lọc 30 do vậy có tác dụng đồng thời giảm độ cứng của nước. Trong trường hợp màng lọc RO được lắp đặt sau hệ thống (như phương án được thể hiện trên Hình 4 và được mô tả dưới đây), cột lọc 30 do vậy cũng sẽ giảm sự tắc của màng RO, giữ cho lưu lượng nước ra khỏi màng RO được ổn định hơn.

Để tăng thời gian hoạt động của cột lọc 30, một giải pháp được ứng dụng là trích xuất một phần nước đi thẳng, không qua cột lọc 30 bằng đường ống nhánh 38. Tỷ lệ nước đi thẳng, không qua cột lọc 30 phụ thuộc vào chất lượng nước đầu vào và thời gian hoạt động của cột lọc. Việc điều khiển tỷ lệ nước đi vòng có thể thực hiện dễ dàng, ví dụ thông qua một van ba chiều 36 trên Hình 3, hoặc thông qua các van riêng rẽ bố trí trên các ống dẫn nước tương ứng (không được thể hiện trên hình vẽ). Việc sử dụng đường ống nhánh 38 còn cho phép trong trường hợp không cần xử lý amoni, sử dụng van 36 để ngắt sự cấp nước vào cột lọc 30, đồng thời cho nước này chảy thẳng qua ống nhánh 38.

Theo một phương án, giải pháp hữu ích đề xuất phương pháp xử lý nước nhiễm arsen bằng hệ thống trên Hình 4.

Hình 4 thể hiện một phương án khác nữa của hệ thống theo giải pháp hữu ích, cho phép xử lý nước nhiễm arsen, amoni và các chất ô nhiễm khác, hệ thống này bao gồm năm cấp xử lý được kết nối nối tiếp với nhau.

Cấp xử lý thứ nhất là cụm gồm cụm cột lọc 10 và cột lọc 30 được thiết kế như đã mô tả đối với phương án trên Hình 3. Mục tiêu của cấp xử lý này là xử lý arsen, amoni kèm theo độ cứng.

Cấp xử lý thứ hai là dùng cột lọc 40 được thiết kế tương tự như cột lọc 10 của phương án 1 trên Hình 1. Cụ thể, cột lọc 40 bao gồm lớp than hoạt tính 43, ống phân phối nước 41 được bố trí ở giữa cột lọc 40 để dẫn nước từ trên đỉnh cột xuống đáy cột, phía cuối ống phân phối nước có bộ phân chia có các rãnh 42 để phân phối đều nước vào lớp than hoạt tính 43, nước sau xử lý được thu ở đầu thu trên nắp 44, và nắp 44 được bố trí trên đỉnh cột lọc có khả năng tháo rời được để thay thế vật liệu thuận tiện, trong đó cốc lọc chứa than hoạt tính nhằm mục đích xử lý các chất gây màu, mùi và độc hại trong nước, làm giảm chất hữu cơ và làm giảm việc tắc màng lọc RO. Phía trên lớp than hoạt tính 43 có thể còn bao gồm lớp cát 45, và/hoặc lớp vật liệu 46, bằng nhựa an toàn PP/PET/PVC hoặc bằng xốp, dạng lưới để ngăn tràn vật liệu ra khỏi cột lọc.

Cấp xử lý thứ ba dùng cốc lọc 5 loại 10 - 20" chứa lõi lọc PP 1µm thương mại. Mục tiêu của cấp xử lý này là loại bỏ các chất cặn.

Cấp xử lý thứ tư dùng màng lọc RO thương mại 6. Mục tiêu của cấp xử lý này loại bỏ các cặn rắn có kích thước rất nhỏ và đồng thời cả các chất ô nhiễm còn lại.

Cấp xử lý thứ năm dùng cột lọc bù khoáng thương mại 7. Mục tiêu của cấp xử lý này là bổ sung thêm vi lượng cho nước.

Hệ thống theo phương án này có thể còn bao gồm hệ thống ejector 22, vòi phun nước chống tắc 23 và bể lọc cát 24 được bố trí phía trước cột lọc chứa vật liệu NLTT. Hoạt động của chúng là như mô tả đối với phương án trên Hình 2.

Với hệ thống này, việc tăng cường hiệu quả xử lý amoni, độ cứng, hữu cơ, kim loại bằng vật liệu Purolite C100E kết hợp với than hoạt tính đồng thời làm giảm lượng chất ô nhiễm đi vào màng lọc RO trên cùng một công suất xử lý (theo lưu lượng nước xử

lý hoặc thời gian sử dụng), do đó tăng thời gian làm việc của hệ thống, giảm chi phí thay thế trên đơn vị thời gian.

Mặc dù trên đây, hệ thống xử lý nước nhiễm arsen quy mô hộ gia đình (công suất 10-20 L/giờ) được mô tả. Tuy nhiên, giải pháp hữu ích không chỉ giới hạn ở đó, quy mô của hệ thống có thể mở rộng đến 500 L/giờ (đối với cơ quan, nhà trẻ, trường học chẳng hạn) hoặc lớn hơn, bằng cách điều chỉnh kích thước của các cột lọc. Từ những phương án đã được mô tả, có thể có những phương án cải biến khả thi khác, nhưng vẫn tuân theo nguyên lý đã được bộc lộ, do đó chúng vẫn được coi là thuộc phạm vi của giải pháp hữu ích như được xác định bởi các điểm yêu cầu bảo hộ kèm theo.

Yêu cầu bảo hộ

1. Cột lọc (10) để lọc nước nhiễm arsen bao gồm:

lớp vật liệu (13) có nguồn gốc là đá ong tự nhiên (vật liệu NLTT), không cần biến tính bằng hóa chất, vật liệu này chứa 45-50% Fe_2O_3 , 15-20% Al_2O_3 , tính theo tổng khối lượng của lớp vật liệu, và có diện tích bề mặt hấp phụ 150-160 m^2/g vật liệu;

ống phân phối nước (11) được bố trí ở giữa cột lọc (10) để dẫn nước từ trên đỉnh cột xuống dưới đáy cột, phía cuối ống phân phối nước có bộ phân chia có các rãnh (12) để phân phối đều nước vào lớp vật liệu NLTT (13), nước sau xử lý được thu ở đầu thu trên nắp (14); và

nắp (14) được bố trí trên đỉnh cột lọc có khả năng tháo rời được để thay thế vật liệu thuận tiện.

2. Hệ thống xử lý nước nhiễm arsen bao gồm cột lọc (10) theo điểm 1.

3. Hệ thống theo điểm 2, trong đó phía trên lớp vật liệu NLTT (13) còn bao gồm:

lớp cát (15), và/hoặc

lớp vật liệu (16), bằng nhựa an toàn PP/PET/PVC hoặc bằng xốp, dạng lưới để ngăn tràn vật liệu ra khỏi cột lọc.

4. Hệ thống theo điểm 2 hoặc 3, trong đó hệ thống này còn bao gồm hệ thống ejector (22) và bể lọc cát (24) được bố trí phía trước cột lọc (10).

5. Hệ thống theo điểm 2 hoặc 3, trong đó hệ thống này còn bao gồm:

cột lọc (30) để xử lý amoni được bố trí nối tiếp với cột lọc (10), cột lọc (30) bao gồm:

lớp vật liệu Purolite C100E (33);

ống phân phối nước (31) được bố trí ở giữa cột lọc (30) để dẫn nước từ trên đỉnh cột xuống dưới đáy cột, phía cuối ống phân phối nước có bộ phân chia có các rãnh (32) để phân phối đều nước vào lớp vật liệu Purolite C100E (33), nước sau xử lý được thu ở đầu thu trên nắp (34); và

nắp (34) được bố trí trên đỉnh cột lọc có khả năng tháo rời được để thay thế vật liệu thuận tiện.

6. Hệ thống theo điểm 5, trong đó phía trên lớp vật liệu Purolite C100E (33) còn bao gồm lớp vật liệu (35), bằng nhựa an toàn PP/PET/PVC hoặc bằng xốp, dạng lưới để ngăn tràn vật liệu ra khỏi cột lọc.

7. Hệ thống theo điểm 5 hoặc 6, trong đó hệ thống này còn có đường ống nhánh (38) nối với đường nước vào cột lọc (30) thông qua van, để điều tiết dòng nước chảy qua cột lọc (30).

8. Hệ thống theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 5 đến 7, trong đó:

cụm gồm cột lọc (10) và cột lọc (30) được kết nối nối tiếp với nhau tạo thành cấp xử lý thứ nhất để xử lý arsen, amoni kèm theo độ cứng; và

hệ thống này còn bao gồm:

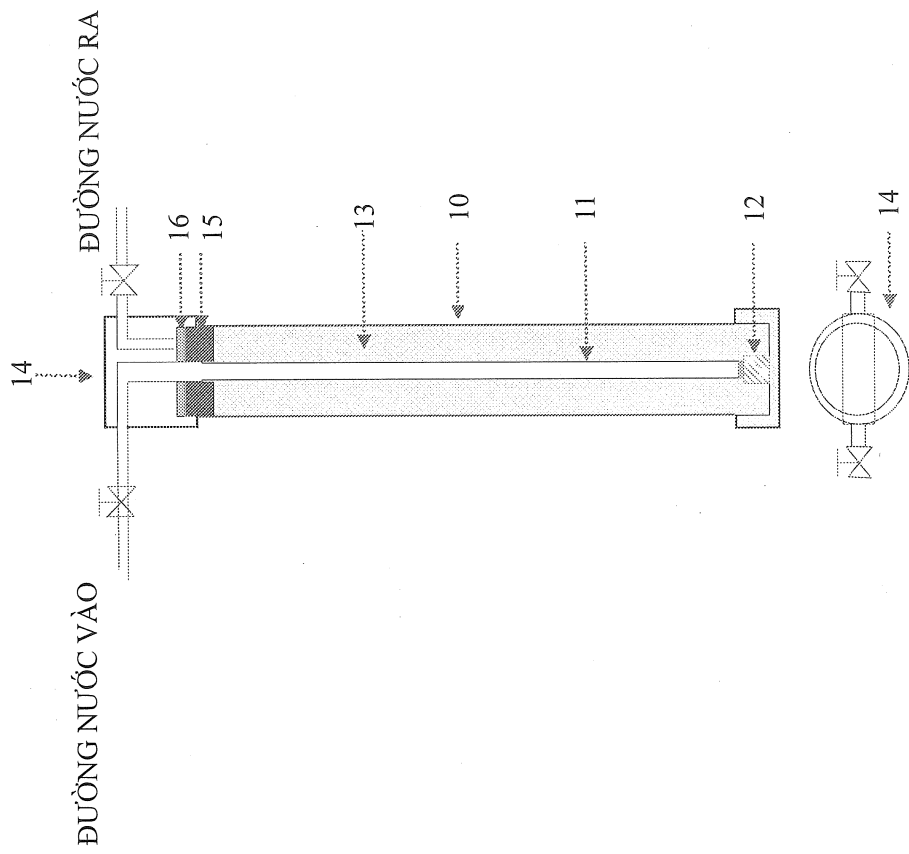
cấp xử lý thứ hai là cột lọc (40) bao gồm lớp than hoạt tính (43), ống phân phối nước (41) được bố trí ở giữa cột lọc (40) để dẫn nước từ trên đỉnh cột xuống dưới đáy cột, phía cuối ống phân phối nước có bộ phân chia có các rãnh (42) để phân phối đều nước vào lớp than hoạt tính (43), nước sau xử lý được thu ở đầu thu trên nắp (44), và nắp (44) được bố trí trên đỉnh cột lọc có khả năng tháo rời được để thay thế vật liệu thuận tiện, trong đó cột lọc chứa than hoạt tính nhằm mục đích xử lý các chất gây màu, mùi và độc hại trong nước, làm giảm chất hữu cơ và làm giảm việc tắc màng lọc RO;

cấp xử lý thứ ba là cột lọc (5) loại 10 - 20" chứa lõi lọc PP 1µm để loại bỏ các chất cặn;

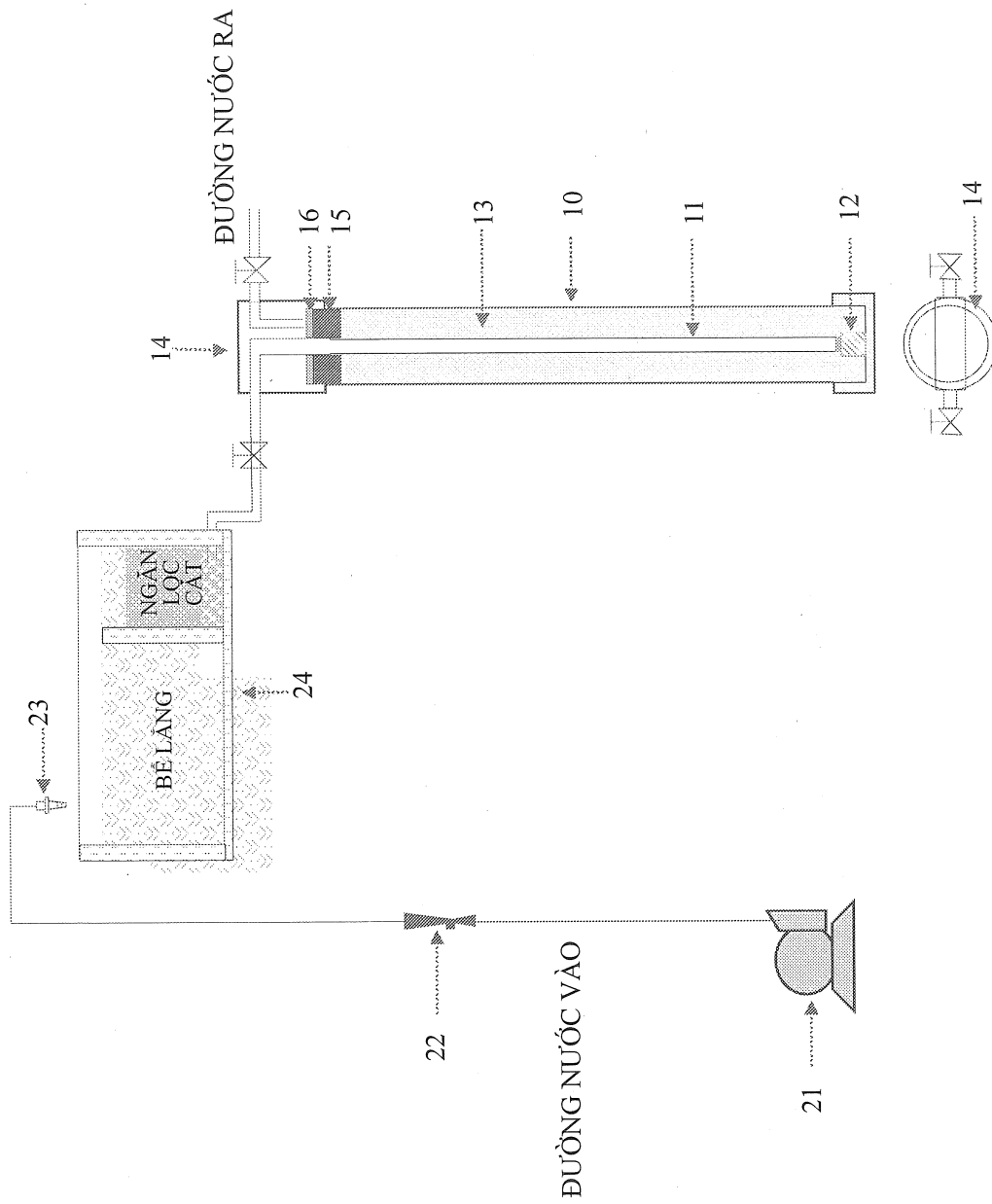
cấp xử lý thứ tư là màng lọc RO (6) để loại bỏ các chất ô nhiễm còn lại; và

cấp xử lý thứ năm là cột lọc bù khoáng (7) để bổ sung thêm vi lượng cho nước;

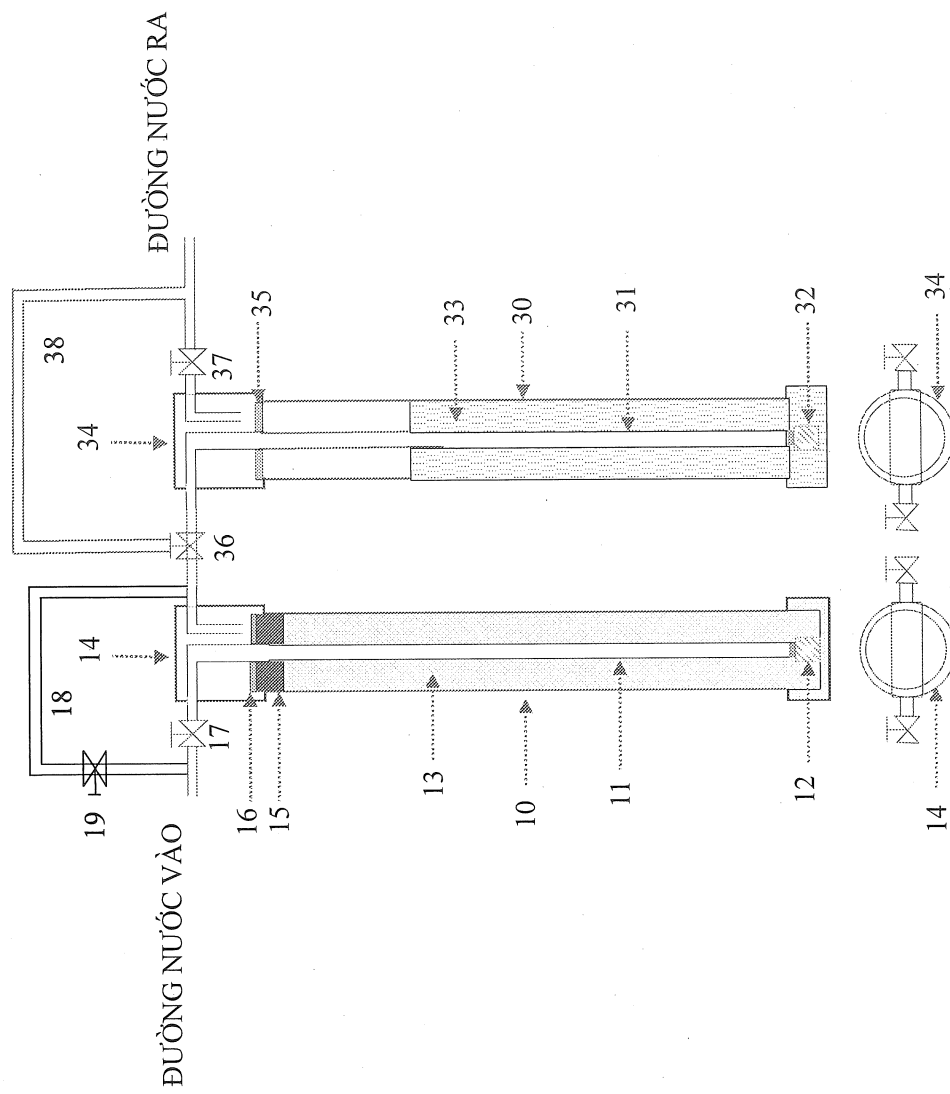
trong đó năm cấp xử lý này được bố trí nối tiếp nhau, đầu ra của cấp phía trước nối với đầu vào của cấp phía sau.



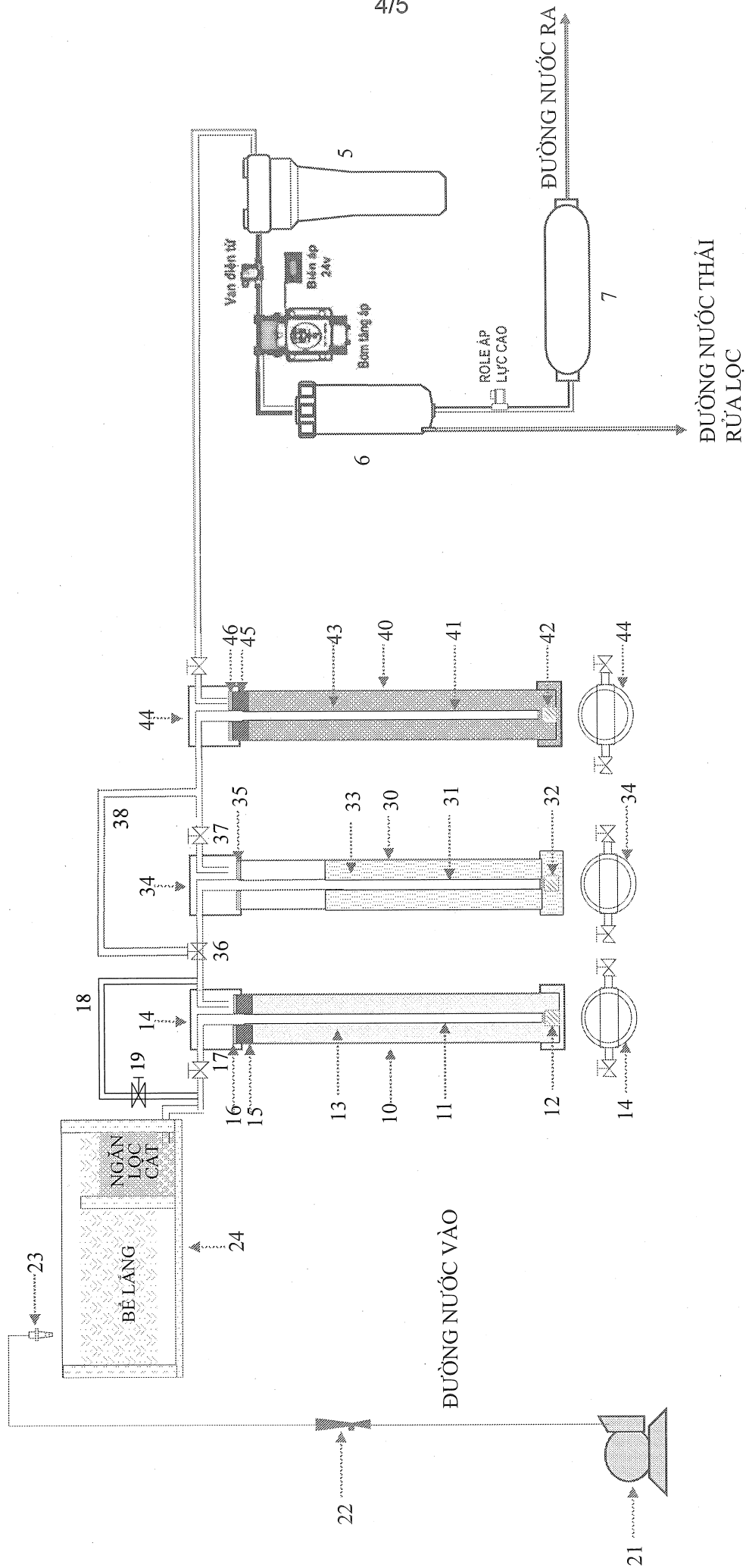
Hình 1



Hình 2

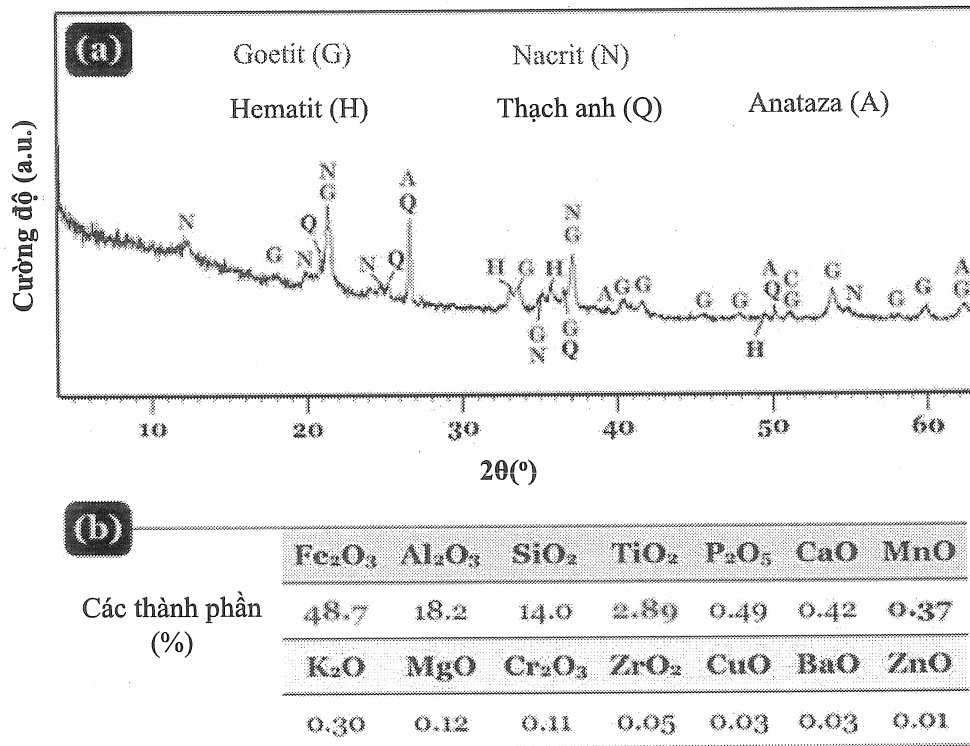


Hình 3



Hình 4

5/5



Hình 5