



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẢNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

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

(11)



1-0024386

(51)⁷ C02F 9/00; C02F 1/28; C02F 1/44; C02F 101/20; C02F 101/32; C02F 101/36; C02F 103/36; B01J 20/18; C02F 101/30 (13) B

(21) 1-2013-01375

(22) 03/11/2011

(86) PCT/EP2011/069356 03/11/2011

(87) WO2012/059553 10/05/2012

(30) MI2010A002061 05/11/2010 IT

(45) 27/07/2020 388

(43) 26/08/2013 305A

(73) ENI S.P.A. (IT)

Piazzale Enrico Mattei 1, I-00144 Roma, Italy

(72) BAGATIN Roberto (IT); VIGNOLA Rodolfo (IT); SISTO Raffaello (IT); PETRANGELI PAPINI Marco (IT); TUFFI Riccardo (IT); DE FOLLY D'AURIS Alessandra (IT).

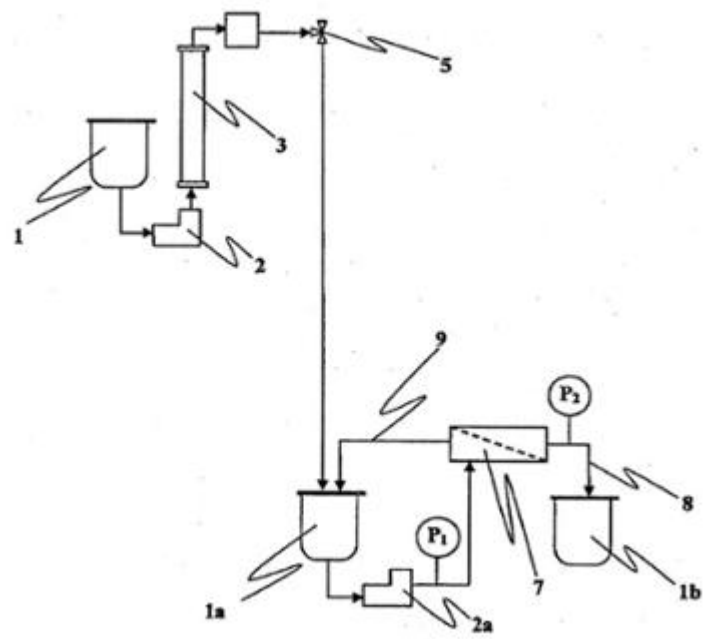
(74) Công ty Luật TNHH Phạm và Liên danh (PHAM & ASSOCIATES)

(54) QUY TRÌNH XỬ LÝ NƯỚC Ô NHIỄM BẰNG PHƯƠNG PHÁP HẤP PHỤ VÀ LỌC NANO

(57) Sáng chế đề cập đến quy trình xử lý nước ô nhiễm chứa các hợp chất hữu cơ phân cực và/hoặc không phân cực, và/hoặc các muối của kim loại nặng, và/hoặc dầu dưới dạng phân tán hoặc nhũ tương, bao gồm bước đưa nước ô nhiễm này vào hệ thống bao gồm:

- ít nhất một thiết bị hấp phụ chứa ít nhất một alumino-silicat dạng vi mao quản hoặc dạng mao quản trung bình; và

- ít nhất một thiết bị lọc nano chứa ít nhất một màng lọc nano ưa nước; trong đó màng lọc nano ưa nước bao gồm polyalkylsiloxan và có góc tiếp xúc với nước nhỏ hơn hoặc bằng 45°, trong đó alumino-silicat dạng vi mao quản được chọn từ zeolit có đường kính lỗ trung bình nằm trong khoảng từ 3,5 Å đến 7,5 Å, và trong đó alumino-silicat dạng mao quản trung bình có đường kính lỗ trung bình nằm trong khoảng từ 25 Å đến 500 Å.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến quy trình xử lý nước ô nhiễm. Cụ thể hơn, sáng chế đề cập đến quy trình xử lý nước ô nhiễm chứa các hợp chất hữu cơ phân cực và/hoặc không phân cực, và/hoặc muối của kim loại nặng, và/hoặc dầu dưới dạng phân tán hoặc nhũ tương, bao gồm bước đưa nước ô nhiễm này vào hệ thống bao gồm ít nhất một thiết bị hấp phụ và ít nhất một thiết bị lọc nano.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Nước ô nhiễm công nghiệp phải cần được xử lý trước khi thải loại hoặc tái sử dụng thường bao gồm nước ô nhiễm chứa các hợp chất hữu cơ phân cực hoặc không phân cực, và/hoặc muối của kim loại nặng, và/hoặc dầu dưới dạng phân tán hoặc nhũ tương. Nước này có thể có nguồn gốc từ nhiều ngành công nghiệp khác nhau như, ví dụ, công nghiệp sản xuất nhôm và thép, công nghiệp hóa và/hoặc hóa dầu, công nghiệp tự động hóa, công nghiệp dầu.

Cụ thể, công nghiệp dầu, cả trong quá trình khai thác và quá trình tinh chế, đều thải ra lượng lớn nước. Ví dụ, trong quá trình khai thác, thải ra cả nước sản xuất được lấy lên cùng với dầu và nước bơm ép có nguồn gốc từ phần quay trở lại bề mặt, cùng với các hydrocacbon, của nước bơm vào giếng để giữ trị số áp suất ở mức thích hợp.

Các hợp chất gây ô nhiễm thường có mặt trong nước ô nhiễm từ công nghiệp dầu, cụ thể là trong nước sản xuất và trong nước ô nhiễm từ nhà máy lọc dầu (ví dụ, nước làm mát, nước rửa, nước ngâm dùng trong

nhà máy lọc dầu), và trong nước ô nhiễm từ công nghiệp hóa dầu (ví dụ, nước làm mát, nước rửa, nước ngâm dùng trong công nghiệp hóa dầu), được thể hiện trong Bảng 1

Bảng 1

Nhóm hợp chất gây ô nhiễm	Ví dụ về các hợp chất gây ô nhiễm
Hợp chất hữu cơ phân cực và không phân cực	Hyđrocacbon béo; axit carboxylic; phenol được halogen hóa tùy ý; hợp chất thơm được halogen hóa tùy ý; glycol; rượu; ete (MTBE, ETBE); alđehit; keton; dung môi được halogen hóa.
Dầu dưới dạng phân tán hoặc nhũ tương	Các hydrocacbon đa thơm; alkyl-phenol.
Khoáng hòa tan	Muối chứa Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Ba^{2+} , Sr^{2+} , Fe^{2+} , dưới dạng cation, và Cl^- , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , HCO_3^- , dưới dạng anion. Muối của kim loại nặng như Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Ni, Ag, Zn. NORM (chất phóng xạ tự nhiên).
Chất phụ gia hóa học	Chất ức chế ăn mòn và cặn; chất diệt khuẩn; chất nhũ hóa; chất chống tạo bọt.
Chất rắn huyền phù	Cặn vôi; sáp; vi sinh vật; asphalten; sắt oxit.
Khí hòa tan	Cacbon đioxit; oxy; hydro sulphua.

Quy trình xử lý để loại bỏ hợp chất gây ô nhiễm nêu trên là đã biết trong lĩnh vực kỹ thuật này. Ví dụ về các quy trình xử lý này được thể hiện trong Bảng 2.

Bảng 2

Kiểu xử lý	Ví dụ xử lý
Vật lý	Hấp phụ lên cacbon hoạt tính (GAC), zeolit, nhựa; kết tủa bằng khí hòa tan; C-tour; xyclon; bay hơi; lọc cát; thẩm tách bằng điện; kết đông-giã đông/bay hơi; xử lý bằng màng (MF, UF, NF, RO).
Hóa học	Kết tủa; oxy hóa; các quy trình điện hóa; quy trình xúc tác quang; quy trình Fenton; ozon; chất lỏng ion ở nhiệt độ trong phòng; chất nhũ hóa.
Sinh học	Quy trình hiếu khí; quy trình kỵ khí.

Các quy trình xử lý vật lý và/hoặc hóa học nêu trên thường được thực hiện ở các nhà máy ngoài khơi nơi không gian bị hạn chế và có thể sử dụng công nghệ nhỏ gọn. Tuy nhiên, các quy trình xử lý này, ngoài giá thành cao còn có thể có một số hạn chế. Thực tế, các quy trình xử lý này không phải lúc nào cũng hiệu quả trong việc loại bỏ cả các hợp chất hữu cơ phân cực và không phân cực nêu trên và khoáng hòa tan nêu trên, cũng như dầu dưới dạng phân tán hoặc nhũ tương nêu trên.

Mặt khác, công nghệ xử lý sinh học nêu trên thường được thực hiện ở các nhà máy trên bờ. Tuy nhiên, việc xử lý sinh học này, thường rẻ hơn và hiệu quả hơn so với các quy trình xử lý vật lý và/hoặc hóa học nêu trên, không thể thực hiện được, đặc biệt là khi có mặt:

- nồng độ muối cao, hoạt tính của vi sinh vật được sử dụng bị ức chế mạnh;
- các chất độc đối với sinh khối (ví dụ, benzen);
- các chất hữu cơ khó bị vi sinh vật phá hủy (ví dụ, MTBE).

Ngoài ra, việc xử lý sinh học thường đòi hỏi kiểm soát lượng lớn bùn sinh ra.

Cuối cùng, có thể phát sinh các vấn đề khác nữa do sự ô nhiễm thứ cấp gây ra bởi việc sử dụng các chất phụ gia hóa học dùng để kiểm soát các quy trình xử lý hóa học, vật lý và/hoặc sinh học nêu trên.

Công nghệ xử lý nước ô nhiễm bằng cách sử dụng alumino-silicat dạng vi mao quản, tức là zeolit, đã được mô tả trong lĩnh vực này.

Ví dụ, Công bố đơn yêu cầu cấp bằng sáng chế Mỹ số 2004/0206705 mô tả quy trình xử lý nước ô nhiễm bằng các hợp chất không phân cực, khác biệt ở chỗ quy trình này được thực hiện trên nước ngầm ô nhiễm và bao gồm bước cho nước đi qua rào chắn phản ứng thấm (PRB), được đặt tại chỗ vuông góc với dòng nước ngầm, trong đó chất phản ứng gồm một hoặc nhiều zeolit không phân cực có tỷ lệ silic đioxit/alumin cao hơn 50 và có cấu trúc rãnh (tức là các lỗ) có kích cỡ tương tự với kích cỡ của phân tử các hợp chất gây ô nhiễm. Quy trình này được cho rằng có khả năng loại bỏ các hợp chất gây ô nhiễm không phân cực một cách hiệu quả và chọn lọc hơn so với các muối khoáng hòa tan trong nước.

Bằng sáng chế Mỹ số 7,341,665 mô tả quy trình xử lý nước ô nhiễm chứa các hợp chất hữu cơ không phân cực và/hoặc chứa kim loại nặng bao gồm bước tuần hòa nước qua hệ thống bao gồm ít nhất hai dạng zeolit có tỷ lệ silic đioxit/alumin cao hơn 50, đặt nối tiếp, trong đó zeolit thứ nhất mà nước đi qua khác biệt ở chỗ có khả năng hấp phụ cao và có cấu trúc rãnh (tức là các lỗ) với kích cỡ nằm trong khoảng từ 7 Å đến 50 Å, và zeolit thứ hai khác biệt ở chỗ có khả năng loại bỏ các phân tử có đường kính tương đương với kích thước của cấu trúc rãnh (tức là các lỗ) của chúng nằm trong khoảng từ 5 Å đến 7 Å. Quy trình này được cho rằng có khả năng loại bỏ các hợp chất gây ô nhiễm hữu cơ không phân cực theo cách hiệu quả, cả khi chúng có mặt với lượng nhỏ lẫn khi chúng có mặt với lượng lớn, nhờ hiệu ứng cộng hợp của hai zeolit này.

Công nghệ xử lý nước ô nhiễm bằng cách sử dụng màng cũng đã được mô tả trong lĩnh vực này.

Ví dụ, Visvanathan và đồng tác giả, trong bài báo “Volume reduction of produced water generated from natural gas production process using membrane technology”, được công bố trong “Water Science and Technology” (2000), tập 41, trang 117-123, mô tả quy trình xử lý nước sản xuất sinh ra trong quá trình sản xuất khí tự nhiên, bao gồm bước đưa nước thu được này vào thiết bị xử lý sơ bộ bao gồm một màng siêu lọc (UF), hoặc màng lọc nano (NF), để thu được phần thấm qua và phần không thấm qua; đưa phần thấm qua thu được từ thiết bị xử lý sơ bộ vào thiết bị xử lý bao gồm màng thẩm thấu ngược (RO). Người ta cho rằng cần có bước xử lý sơ bộ nêu trên để ngăn ngừa tắc màng thẩm thấu ngược (RO).

Mondal và đồng tác giả trong bài báo “Produced water treatment by nanofiltration and reverse osmosis film”, được công bố trong “Journal of Film Science” (2008), tập 322, trang 162-170, mô tả quy trình xử lý nước sản xuất sinh ra trong quá trình sản xuất dầu hoặc khí, bằng cách dùng màng lọc nano (NF) hoặc màng thẩm thấu ngược (RO). Đặc biệt, các màng sau đã được thử nghiệm:

- NF 270: màng phức hợp tấm mỏng trên cơ sở piperazin và polyamit bán thơm [lọc nano (NF)];
- NF 90: màng phức hợp tấm mỏng trên cơ sở thơm polyamit [lọc nano (NF)];
- BW 30: màng phức hợp tấm mỏng trên cơ sở polyamit thơm [thẩm thấu ngược (RO)].

Thử nghiệm cho thấy có hiện tượng tắc nghẽn các màng này. Màng thẩm thấu ngược (RO) BW 30 cho phép thu được phần thấm qua có chất lượng tốt nhất so với các màng lọc nano (NF) NF 270 và NF 30.

Ahmadun và đồng tác giả, trong tạp chí “Review of technologies for oil and gas produced water treatment”, được công bố trong “Journal of Hazardous Materials” (2009), tập 170, trang 530-551, mô tả một số kỹ thuật xử lý nước sản xuất có nguồn gốc từ công nghiệp dầu và khí. Trong số các kỹ thuật được mô tả có kỹ thuật xử lý nhờ màng vi lọc (microfiltration membrane- MF), màng siêu lọc (ultrafiltration membrane- UF), màng lọc nano (nanofiltration membrane- NF), màng thẩm thấu ngược (reverse osmosis - RO).

Bằng sáng chế Mỹ số 5,028,336 mô tả phương pháp xử lý nước (ví dụ, nước sản xuất có nguồn gốc từ quá trình sản xuất dầu hoặc khí) có độ pH thấp và chứa chất điện phân hữu cơ dễ hòa tan trong nước, bao gồm: tăng độ pH của nước để thu được nước kiềm hóa chứa chất điện phân hữu cơ dễ hòa tan trong nước; đưa nước kiềm hóa chứa chất điện phân hữu cơ dễ hòa tan trong nước này vào lọc nano để thu được (i) dung dịch phần không thấm qua chứa chất điện phân hữu cơ dễ hòa tan trong nước với nồng độ cao hơn và (ii) dung dịch phần thấm qua chứa chất điện phân hữu cơ dễ hòa tan trong nước với nồng độ thấp hơn; thu hồi dung dịch phần không thấm qua chứa chất điện phân hữu cơ dễ hòa tan trong nước với nồng độ cao hơn; và thu hồi dung dịch phần thấm qua chứa chất điện phân hữu cơ dễ hòa tan trong nước với nồng độ thấp hơn. Quy trình xử lý này được cho rằng có khả năng loại bỏ một cách hiệu quả chất điện phân hữu cơ dễ hòa tan trong nước có trong nước này.

Tuy nhiên, các quy trình được nêu trên có thể có một số hạn chế. Thực tế, các quy trình nêu trên không phải lúc nào cũng có khả năng đem lại kết quả mong muốn.

Một mặt, các quy trình sử dụng alumino-silicat dạng vi mao quản (ví dụ, zeolit) không cho phép loại bỏ một cách hiệu quả các hợp chất hữu cơ phân cực có số nguyên tử cacbon thấp (ví dụ, số nguyên tử

cacbon thấp hơn hoặc bằng 8), đặc biệt là trong trường hợp của các hợp chất hữu cơ phân cực được oxy hóa như rượu, glycol, aldehyt, keton và axit carboxylic. Ngoài ra, việc sử dụng alumino-silicat dạng vi mao quản không cho phép loại bỏ một cách hiệu quả các muối của kim loại nặng và dầu dưới dạng phân tán hoặc nhũ tương.

Mặt khác, các quy trình sử dụng màng không phải lúc nào cũng loại bỏ một cách hiệu quả các hợp chất hữu cơ không phân cực như, ví dụ, benzen, etylbenzen, toluen, xylen (hay BTEX), là các chất ăn mòn các màng này. Đặc biệt, nồng độ cao của các hợp chất này (ví dụ, nồng độ lớn hơn hoặc bằng 10ppm) có thể gây khử polyme hoá các màng này, làm cho chúng không thể sử dụng được cho mục đích này.

Do đó, cần phải tìm ra quy trình xử lý nước ô nhiễm chứa các hợp chất hữu cơ phân cực và/hoặc không phân cực, và/hoặc các muối của kim loại nặng, và/hoặc dầu dưới dạng phân tán hoặc nhũ tương, có khả năng loại bỏ một cách hiệu quả cả hợp chất hữu cơ có số nguyên tử cacbon thấp lẫn cao, và các muối của kim loại nặng, cũng như dầu dưới dạng phân tán hoặc nhũ tương.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Tác giả sáng chế đã phát hiện ra rằng bằng quy trình xử lý nước ô nhiễm bao gồm bước đưa nước ô nhiễm này vào hệ thống bao gồm ít nhất một thiết bị hấp phụ chứa ít nhất một alumino-silicat dạng vi mao quản hoặc dạng mao quản trung bình và ít nhất một thiết bị lọc nano chứa ít nhất một màng lọc nano ưa nước có các đặc tính đặc trưng, có thể loại bỏ một cách hữu hiệu cả các hợp chất hữu cơ phân cực và/hoặc không phân cực và các muối của kim loại nặng, cũng như dầu dưới dạng phân tán hoặc nhũ tương, ngăn ngừa được những hạn chế liên quan đến quá trình khử polyme hoá màng nêu trên. Đặc biệt, bước xử lý bằng

alumino-silicat dạng vi mao quản hoặc dạng mao quản trung bình cho phép loại bỏ cả các hợp chất hữu cơ phân cực có số nguyên tử cacbon cao hơn 8, và các hợp chất hữu cơ không phân cực, có trong nước ô nhiễm, ở cả nồng độ cao lẫn nồng độ thấp (ví dụ, ở nồng độ nằm trong khoảng từ 1ppm đến 30000ppm), trong khi bước xử lý bằng lọc nano cho phép loại bỏ các hợp chất hữu cơ phân cực có số nguyên tử cacbon thấp hơn hoặc bằng 8 nguyên tử cacbon, cụ thể hơn là các hợp chất hữu cơ được oxy hóa như rượu, glycol, aldehyt, keton, axit carboxylic, có trong nước ô nhiễm ở cả nồng độ cao lẫn nồng độ thấp (ví dụ, ở nồng độ nằm trong khoảng từ 1ppm đến 30000ppm). Ngoài ra, bước xử lý bằng alumino-silicat dạng vi mao quản hoặc dạng mao quản trung bình cho phép ngăn ngừa hiện tượng tắc của màng lọc nano ưa nước và do đó kéo dài tuổi thọ màng và tính năng và tiết kiệm cả thời gian lẫn chi phí. Ngoài ra, bước xử lý bằng alumino-silicat dạng mao quản trung bình còn cho phép loại bỏ một cách hiệu quả dầu dưới dạng phân tán hoặc nhũ tương. Ngoài ra, bước xử lý bằng lọc nano cũng cho phép khử bỏ các muối của kim loại nặng.

Quy trình xử lý nêu trên đảm bảo cho dòng nước ô nhiễm cuối có chất lượng cao. Thực tế, nước thu được ở cuối thời điểm xử lý đã loại bỏ được các hợp chất hữu cơ phân cực và/hoặc không phân cực ở các mức được quy định trong giới hạn điều chỉnh theo Nghị định số 152/2006 mà không cần bất kỳ bước xử lý nào tiếp theo.

Vì vậy, mục đích của sáng chế là đề xuất quy trình xử lý nước ô nhiễm chứa các hợp chất hữu cơ phân cực và/hoặc không phân cực, và/hoặc các muối của kim loại nặng, và/hoặc dầu dưới dạng phân tán hoặc nhũ tương, bao gồm bước đưa nước ô nhiễm này vào hệ thống bao gồm:

- ít nhất một thiết bị hấp phụ chứa ít nhất một alumino-silicat dạng vi

mao quản hoặc dạng mao quản trung bình;

- ít nhất một thiết bị lọc nano chứa ít nhất một màng lọc nano ưa nước;

trong đó màng lọc nano ưa nước có góc tiếp xúc với nước nhỏ hơn hoặc bằng 45° , tốt hơn là nằm trong khoảng từ 25° đến 40° .

“Góc tiếp xúc” đã được đo như mô tả bởi Geens và đồng tác giả trong Bài báo “Polymeric nanofiltration of binary water-alcohol mixtures: Influence of feed composition and membrane properties on permeability and rejection”, được công bố trong “Journal of Film Science” (2005), tập 255, trang 255-264.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig. 1 thể hiện biểu đồ về bộ thử nghiệm (tức là thiết bị hấp phụ) được sử dụng theo sáng chế;

Fig. 2 thể hiện biểu đồ về bộ thử nghiệm (tức là thiết bị lọc nano) được sử dụng theo sáng chế;

Fig. 3 thể hiện biểu đồ về hệ thống bao gồm thiết bị hấp phụ và thiết bị lọc theo sáng chế;

Fig. 4 và Fig. 5 thể hiện biểu đồ kết quả thu được về phần trăm mức thải nhờ màng SelRO[®] MPS-44 theo sáng chế;

Fig. 6 thể hiện biểu đồ kết quả thu được về phần trăm mức thải bởi nhờ màng Desal[®]-5-DL.

Mô tả chi tiết sáng chế

Nhằm mục đích mô tả sáng chế và phân yêu cầu bảo hộ, các khoảng trị số được định nghĩa là luôn bao hàm giá trị đầu mút, trừ khi có quy định khác.

Nhằm mục đích mô tả sáng chế và phân yêu cầu bảo hộ, thuật ngữ

“thiết bị hấp phụ” dùng để chỉ thiết bị hoàn chỉnh cần để thực hiện sự hấp phụ thường bao gồm ít nhất một thùng nạp liệu, ít nhất một bơm nạp liệu, ít nhất một cột hấp phụ gồm ít nhất một alumino-silicat dạng vi mao quản hoặc dạng mao quản trung bình, ít nhất một bộ dò để theo dõi hàm lượng cacbon hữu cơ tổng (total organic carbon - TOC). Chi tiết hơn về thiết bị hấp phụ này được nêu dưới đây (mục Vật liệu và phương pháp được sử dụng).

Nhằm mục đích mô tả sáng chế và phân yêu cầu bảo hộ, thuật ngữ “thiết bị lọc nano” dùng để chỉ thiết bị hoàn chỉnh cần để thực hiện lọc nano thường bao gồm ít nhất một thùng nạp liệu, ít nhất một bơm nạp liệu, ít nhất một thùng lọc nano bao gồm ít nhất một màng lọc nano ưa nước, ít nhất một thùng thu gom. Chi tiết hơn về thiết bị lọc nano này được nêu dưới đây (mục Vật liệu và phương pháp được sử dụng).

Theo phương án được ưu tiên theo sáng chế, nước ô nhiễm có thể được chọn từ: nước sản xuất có nguồn gốc từ các giếng dầu hoặc khí; nước bơm ép có nguồn gốc từ phần quay trở lại bề mặt, cùng với các hydrocacbon, của nước được bơm vào giếng để duy trì các giá trị áp suất ở mức thích hợp; nước từ nhà máy lọc dầu; nước có nguồn gốc từ công nghiệp hóa dầu; nước ngầm có nguồn gốc từ công nghiệp lọc dầu và/hoặc từ công nghiệp hóa dầu.

Theo phương án được ưu tiên theo sáng chế, thiết bị hấp phụ và thiết bị lọc nano được bố trí nối tiếp.

Theo phương án được ưu tiên hơn nữa theo sáng chế, thiết bị hấp phụ được bố trí trước thiết bị lọc nano.

Theo phương án được ưu tiên theo sáng chế, các hợp chất hữu cơ phân cực có thể là: rượu, ví dụ, metanol, etanol, 1-propanol, iso-propanol, 1-butanol, iso-butanol, tert-butanol; keton, ví dụ, axeton, 2,3-butandion, 3-hydroxy-2-butanon, metyl-etyl-keton, metyl-propyl-keton,

metyl-butyl-keton, pentan-2-on, pentan-3-on; glycol, ví dụ, etylenglycol, diethylenglycol, triethylenglycol; axit carboxylic, ví dụ, axit axetic, axit propionic, axit butanoic, axit pentanoic, axit hexanoic, hoặc chất thay thế metyl của chúng; aldehyt, ví dụ, axetaldehyt, butanealdehyt, pentanaldehyt, hexanaldehyt, hoặc chất thay thế metyl của chúng; hoặc các hỗn hợp của chúng.

Theo phương án được ưu tiên theo sáng chế, các hợp chất hữu cơ phân cực có thể có trong nước ô nhiễm với lượng nằm trong khoảng từ 1ppm đến 30000ppm, tốt hơn là nằm trong khoảng từ 2ppm đến 20000ppm.

Theo phương án được ưu tiên theo sáng chế, các hợp chất hữu cơ không phân cực có thể là: các dung môi được halogen hóa như, ví dụ, tetracloetylen (PCE), tricloetylen (TCE), đicloetylen (DCE), vinylclorua (VC); các hợp chất béo và/hoặc thơm như, ví dụ, metyl-t-butylete (MTBE), etyl-t-butylete (ETBE), benzen, toluen, etylbenzen, các xylen (hay BTEX); phenol; naphtalen; α - và β -naphthol; antraxen; các hydrocacbon béo mạch thẳng có từ 16 đến 30 nguyên tử cacbon; hoặc các hỗn hợp của chúng.

Theo phương án được ưu tiên theo sáng chế, các hợp chất hữu cơ không phân cực có thể có trong nước ô nhiễm với lượng nằm trong khoảng từ 1ppm đến 30000ppm, tốt hơn là nằm trong khoảng từ 2ppm đến 20000ppm.

Theo phương án được ưu tiên theo sáng chế, các muối của kim loại nặng có thể là: clorua, sulfat, cacbonat, bicarbonat, borat, của arsen, của crom, của antimon, của selen, của thủy ngân, của cadimi, của coban, của niken, của chì, của mangan, của đồng, của kẽm; hoặc các hỗn hợp của chúng.

Theo phương án được ưu tiên khác nữa theo sáng chế, các muối của

kim loại nặng có thể có trong nước ô nhiễm với lượng nằm trong khoảng từ 0,1ppm đến 40000ppm, tốt hơn là nằm trong khoảng từ 1ppm đến 20000ppm.

Theo phương án được ưu tiên khác nữa theo sáng chế, nước ô nhiễm có thể chứa các muối của kim loại kiềm hoặc kim loại kiềm thổ như, ví dụ, clorua, sulfat, cacbonat, bicarbonat, borat, của natri, của kali, của canxi, của magie, của bari, của stronti, của sắt; hoặc các hỗn hợp của chúng.

Theo phương án được ưu tiên hơn nữa theo sáng chế, các muối của kim loại kiềm hoặc kim loại kiềm thổ có thể có trong nước ô nhiễm với lượng nằm trong khoảng từ 0,1ppm đến 40000ppm, tốt hơn là nằm trong khoảng từ 1ppm đến 20000ppm.

Theo phương án được ưu tiên theo sáng chế, dầu dưới dạng phân tán hoặc nhũ tương là hỗn hợp phức tạp bao gồm: các hydrocacbon mạch thẳng, mạch nhánh hoặc vòng béo như, ví dụ, n-heptan, 2,4,4-trimetyl-1-pentan, 2-metylhexan, n-octan, 2,4-đimetylhexan, metylxyclohexan, metylxyclohexen; các hydrocacbon thơm như, ví dụ, benzen, toluen, etylbenzen và các xylen (hay BTEX), phenol, alkyl-phenol; các hydrocacbon thơm đa vòng (hay IPA hoặc PAH) như, ví dụ, naphtalen, phenanthren, pyren, benzopyren, benzoantraxen. Ngoài ra, các hợp chất được lưu huỳnh hóa (ví dụ, sulphua, đisulphua, benzothiophen, dibenzothiophen), các hợp chất được nitơ hóa (ví dụ, quinolin, pyridin), các hợp chất được oxy hóa (ví dụ, axit béo, axit naphtenic), bên cạnh lượng nhỏ kim loại (ví dụ, niken, vanadi, coban, crom, cadimi, chì, arsen, thủy ngân), thường có trong dầu này.

Theo phương án được ưu tiên theo sáng chế, dầu dưới dạng phân tán hoặc nhũ tương có thể có trong nước ô nhiễm với lượng nằm trong khoảng từ 50ppm đến 500ppm, tốt hơn là nằm trong khoảng từ 100ppm

đến 400ppm.

Theo phương án được ưu tiên khác nữa theo sáng chế, nước ô nhiễm có thể chứa các chất gây ô nhiễm khác như, ví dụ, các chất phụ gia hóa học thường được sử dụng trong quá trình khoan giếng.

Theo phương án được ưu tiên theo sáng chế, alumino-silicat dạng vi mao quản có thể được chọn từ zeolit có đường kính lỗ trung bình nằm trong khoảng từ 3,5 Å đến 7,5 Å, tốt hơn là nằm trong khoảng từ 4,5 Å đến 7 Å.

Theo phương án được ưu tiên theo sáng chế, zeolit có thể có tỷ lệ mol silic đioxit/alumin (SAR) nằm trong khoảng từ 2 đến 500, tốt hơn là nằm trong khoảng từ 20 đến 300.

Theo phương án được ưu tiên theo sáng chế, zeolit có thể được chọn từ silicalit, zeolit ZSM-5, zeolit Y, mordenit, beta zeolit, ferierit, hoặc các hỗn hợp của chúng. Zeolit Y được ưu tiên.

Theo phương án được ưu tiên theo sáng chế, alumino-silicat dạng mao quản trung bình có thể có đường kính lỗ trung bình nằm trong khoảng từ 25 Å đến 500 Å, tốt hơn là nằm trong khoảng từ 30 Å đến 200 Å.

Theo phương án được ưu tiên theo sáng chế, alumino-silicat dạng mao quản trung bình có thể có tỷ lệ mol silic đioxit/alumin (SAR) nằm trong khoảng từ 30 trở lên, tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 100.

Theo phương án được ưu tiên theo sáng chế, alumino-silicat dạng mao quản trung bình có thể có thể tích lỗ nằm trong khoảng từ 0,3 ml/g đến 1,3 ml/g, tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0,5 ml/g đến 1,1 ml/g.

Theo phương án được ưu tiên theo sáng chế, alumino-silicat dạng mao quản trung bình có thể có diện tích bề mặt riêng (S_{BET}) lớn hơn hoặc bằng 500 m²/g, tốt hơn là nằm trong khoảng từ 600 m²/g đến 1200 m²/g.

Theo phương án được ưu tiên theo sáng chế, alumino-silicat dạng

mao quản trung bình có thể có cấu trúc vô định hình hoàn toàn.

Theo phương án được ưu tiên hơn nữa theo sáng chế, Vật liệu alumino-silicat dạng mao quản trung bình có thể có cấu trúc hầu như vô định hình.

Nhằm mục đích mô tả sáng chế và phần yêu cầu bảo hộ, thuật ngữ “cấu trúc hầu như vô định hình” dùng để chỉ vật liệu có kích cỡ mao quản trung bình mặc dù bao gồm silic đioxit vô định hình, có cấu trúc theo thứ tự với các lỗ bằng nhau được sắp xếp dưới dạng mạng lục lăng có cấu trúc giống rỗ tổ ong.

Alumino-silicat dạng mao quản trung bình vô định hình hoàn toàn có thể có lợi nếu được sử dụng cho mục đích của sáng chế, có thể được chọn trong số silic đioxit-alumin dạng mao quản trung bình của dạng MSA được mô tả, ví dụ, trong các bằng sáng chế châu Âu số EP 659,478 và EP 812,804 và trong bằng sáng chế Mỹ số 5,049,536. Phổ XRD của chúng (“Phép đo nhiễu xạ tia X”) thu được từ bụi cho thấy cấu trúc vô định hình hoàn toàn. Các bằng sáng chế nêu trên cũng mô tả các quy trình điều chế silic đioxit-alumin dạng mao quản trung bình khác nhau.

Theo cách khác, alumino-silicat dạng mao quản trung bình vô định hình hoàn toàn có thể có lợi nếu được sử dụng cho mục đích của sáng chế có thể được chọn trong số các alumino-silicat dạng mao quản trung bình của dạng:

- MSU được mô tả, ví dụ, bởi Bagshaw và đồng tác giả trong: “Science” (1995), tập 269, trang 1242-1244;
- KIT-1 được mô tả, ví dụ, bởi Ryoo và đồng tác giả trong: “Studies in Surface Science and Catalysis” (1997), tập 105, trang 45-52.

Alumino-silicat dạng mao quản trung bình hầu như vô định hình có thể có lợi nếu được sử dụng cho mục đích của sáng chế có thể được chọn trong số các alumino-silicat dạng mao quản trung bình của dạng M41-S

(ví dụ, alumino-silicat dạng mao quản trung bình tên là MCM-41) được mô tả, ví dụ, bởi Beck J. S. và đồng tác giả trong: “Journal of American Chemical Society” (1992), tập 114, trang 10834-10843. Đặc biệt, trong số các alumino-silicat dạng mao quản trung bình của dạng M41-S, có thể chọn lọc các alumino-silicat của dạng MCM được mô tả, ví dụ, trong Công bố đơn quốc tế số WO 91/11390. Phổ XRD của chúng (“Phép đo nhiễu xạ tia X”) thu được từ bụi cho thấy cấu trúc theo thứ tự với các lỗ bằng nhau được sắp xếp dưới dạng mạng lục lăng có cấu trúc giống tổ ong.

Theo cách khác, alumino-silicat dạng mao quản trung bình hầu như vô định hình có thể có lợi nếu được sử dụng cho mục đích của sáng chế, có thể được chọn trong số các alumino-silicat dạng mao quản trung bình tên là:

- FSM-16 được mô tả, ví dụ, bởi Inagaki S. và đồng tác giả trong: “Journal of Chemical Society”, “Chemical Communication” (1993), trang 680-682;
- HMS-3 được mô tả, ví dụ, bởi Tuel và đồng tác giả trong: “Chemistry of Materials” (1996), tập 8, trang 114-122;
- SBA được mô tả, ví dụ, bởi Huo và đồng tác giả trong: “Chemistry of Materials” (1996), tập 8, trang 1147-1160.

Như đã nói nêu trên, cần lưu ý rằng nhằm mục đích của sáng chế, việc sử dụng alumino-silicat dạng mao quản trung bình đặc biệt được khuyến dùng nếu có mặt dưới dạng phân tán hoặc nhũ tương.

Nhằm mục đích của sáng chế, alumino-silicat dạng vi mao quản hoặc dạng mao quản trung bình có thể được sử dụng ở nhiều dạng. Đặc biệt, alumino-silicat dạng vi mao quản hoặc dạng mao quản trung bình có thể được tạo thành nhờ thực hiện quy trình ép đùn, tạo tinh thể hình cầu, tạo viên nén, tạo hạt bất kỳ đã biết trong lĩnh vực này.

Theo phương án được ưu tiên theo sáng chế, nước ô nhiễm có thể được cho tiếp xúc với alumino-silicat dạng vi mao quản hoặc dạng mao quản trung bình (“thời gian tiếp xúc tầng rỗng”) trong thời gian nằm trong khoảng từ 1 phút đến 5 giờ, tốt hơn là nằm trong khoảng từ 2 phút đến 4 giờ.

Theo phương án được ưu tiên theo sáng chế, màng lọc nano ưa nước này có thể có độ thấm nước, được đo ở 22°C, nằm trong khoảng từ 0,5 l/(m² x h x bar) đến 5 l/(m² x h x bar), tốt hơn là nằm trong khoảng từ 1 l/(m² x h x bar) đến 3 l/(m² x h x bar).

Theo phương án được ưu tiên theo sáng chế, màng lọc nano ưa nước này có thể có năng lượng bề mặt nằm trong khoảng từ 40 mN/m đến 80 mN/m, tốt hơn là nằm trong khoảng từ 50 mN/m đến 75 mN/m.

Theo phương án được ưu tiên theo sáng chế, màng lọc nano ưa nước này có thể có nhiệt độ vận hành tối đa nằm trong khoảng từ 15°C đến 50°C, tốt hơn là nằm trong khoảng từ 20°C đến 45°C.

Theo phương án được ưu tiên theo sáng chế, màng lọc nano ưa nước này có thể có áp suất vận hành tối đa nằm trong khoảng từ 5 bar (5.10⁺² kPa) đến 45 bar (45.10⁺² kPa), tốt hơn là nằm trong khoảng từ 10 bar (10.10⁺² kPa) đến 40 bar (40.10⁺² kPa).

Theo phương án được ưu tiên theo sáng chế, màng lọc nano ưa nước này có thể có trọng lượng phân tử cắt (molecular weight cut-off - MWCO) nằm trong khoảng từ 150 dalton đến 300 dalton, tốt hơn là nằm trong khoảng từ 200 dalton đến 280 dalton.

Theo phương án được ưu tiên theo sáng chế, màng lọc nano ưa nước này có thể có pH vận hành tối đa nằm trong khoảng từ 1 đến 12, tốt hơn là nằm trong khoảng từ 1,5 đến 11.

Theo phương án được ưu tiên theo sáng chế, màng lọc nano ưa nước này có thể được chọn từ màng polyme bao gồm polyalkylsiloxan, tốt hơn

là polydimethylsiloxan. Polyalkylsiloxan có thể được tạo liên kết ngang hoặc không được tạo liên kết ngang, tốt hơn được tạo liên kết ngang.

Màng lọc nano ưa nước có thể có lợi nếu được sử dụng cho mục đích của sáng chế là các sản phẩm đã biết dưới tên thương mại SelRO[®] MPS-44 (chuỗi 2540, 4040, 8040) của Koch Film Systems.

Màng lọc nano ưa nước nêu trên có thể ở dạng màng đồng nhất, màng bất đối xứng, màng phức hợp nhiều lớp, màng khuôn kết hợp lớp gel hoặc lớp lỏng, hoặc ở dạng bất kỳ khác đã biết trong lĩnh vực này. Tốt hơn là, chúng ở dạng màng phức hợp nhiều lớp bao gồm lớp nền, lớp đỡ có lỗ và lớp chứa ít nhất một trong số các polyme nêu trên. Nói chung, các lớp cơ sở có thể dùng cho mục đích này là sợi dệt hoặc không dệt mềm dẻo và có độ xốp cao, bao gồm sợi chứa sợi kim loại, sợi polyolefin, sợi polysulfon, sợi polyeteimit, sợi polyphenylen sulphua, sợi cacbon, hoặc các hỗn hợp của chúng; các cấu trúc có lỗ bao gồm kính, gốm, graphit, kim loại đều có thể dùng như nhau. Tốt hơn là, lớp đỡ có lỗ có cấu trúc có lỗ bất đối xứng. Lớp đỡ có lỗ này có thể được tạo ra, ví dụ, từ polyacrylonitril, polysulfon, polyetesulfon, polyeteimit, polyvinyliden-florua, xenluloza triaxetat được thủy phân, polyphenylen sulphua, polyacrylonitril, polytetrafloetylen, polyetylen, rượu polyvinyllic, copolyme của triflorua polyolefin, hoặc các polyme hữu ích khác, hoặc các hỗn hợp của chúng.

Màng lọc nano ưa nước nêu trên có thể là ở dạng các tấm phẳng, sợi rỗng, màng hình ống, màng cuộn xoắn ốc, hoặc các dạng hữu ích khác.

Theo phương án được ưu tiên theo sáng chế, lưu lượng riêng (kg phần thấm qua trên mỗi mét vuông bề mặt của màng lọc nano ưa nước trong mỗi giờ) có thể dao động trong khoảng từ 0,5 kg/(m² x h) đến 50 kg/(m² x h), tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0,8 kg/(m² x h) đến 30 kg/(m² x h).

Theo phương án được ưu tiên theo sáng chế, nước ô nhiễm có thể được đưa vào hệ thống này ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 10°C đến 40°C, tốt hơn là nằm trong khoảng từ 15°C đến 30°C.

Theo phương án được ưu tiên theo sáng chế, nước ô nhiễm có thể được đưa vào hệ thống này ở độ pH nằm trong khoảng từ 1 đến 12, tốt hơn là nằm trong khoảng từ 2 đến 10.

Theo phương án được ưu tiên theo sáng chế, nước ô nhiễm có thể được đưa vào hệ thống này ở áp suất nằm trong khoảng từ 0,5 bar ($5 \cdot 10^{+2}$ kPa) đến 35 bar ($35 \cdot 10^{+2}$ kPa), tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0,8 bar ($8 \cdot 10^{+2}$ kPa) đến 25 bar ($25 \cdot 10^{+2}$ kPa).

Vật liệu và phương pháp được sử dụng

Thiết bị hấp phụ

Thử nghiệm được thực hiện trên bộ thử nghiệm (tức là thiết bị hấp phụ) bằng cách sử dụng cột thủy tinh với bộ hỗ trợ và kết nối Teflon® (DuPont) chứa ít nhất một alumino-silicat dạng vi mao quản hoặc dạng mao quản trung bình.

Fig. 1 thể hiện biểu đồ về bộ thử nghiệm (tức là thiết bị hấp phụ) được sử dụng gồm phức hợp sau:

- thùng nạp liệu 1 có dung tích khoảng 100 l;
- bơm nạp liệu nhu động 2;
- cột thủy tinh 3 chứa alumino-silicat dạng vi mao quản;
- áp kế P được dự định để kiểm soát áp suất vận hành;
- bộ dò để theo dõi hàm lượng cacbon hữu cơ tổng (TOC) 4;
- van 3 chiều 5;
- bộ thu gom phân đoạn 6.

Bộ thử nghiệm này vận hành với tốc độ nạp liệu bằng 1 l/ngày.

Nhiệt độ vận hành được đặt ở 20°C.

Áp suất vận hành bằng 1 bar ($1 \cdot 10^{+2}$ kPa) được sử dụng và độ pH

của dung dịch được giữ bằng 7.

Thiết bị lọc nano và màng lọc nano ura nước

Thử nghiệm được thực hiện trên bộ thử nghiệm (tức là thiết bị lọc nano) được trang bị bình bằng thép không gỉ để quá trình lọc nano có khả năng chứa ít nhất một màng lọc nano ura nước dạng xoắn ốc có đường kính bằng 61mm, diện tích bằng $1,6\text{m}^2$, và khác biệt ở chỗ tỷ lệ bề mặt/thể tích cao.

Fig. 2 thể hiện biểu đồ về bộ thử nghiệm (tức là thiết bị lọc nano) được sử dụng gồm phức hợp sau:

- thùng nạp liệu 1a có dung tích bằng khoảng 300 l;
- bơm nạp liệu nhu động 2a;
- hai áp kế P_1 và P_2 được dự định để kiểm soát áp suất đầu vào và đầu ra đi vào/đi ra từ bình bằng thép không gỉ để lọc nano 7;
- bình bằng thép không gỉ để lọc nano 7 bao gồm màng lọc nano ura nước;
- thùng thu gom 1b.

Fig. 2 cũng thể hiện phần thấm qua 8 và phần không thấm qua 9.

Bộ thử nghiệm này vận hành với tốc độ nạp liệu bằng 800 l/h.

Việc nạp liệu theo kiểu dòng chéo và cho phép làm giảm hiện tượng liên quan đến việc tắc của màng lọc nano ura nước, cả về hóa học và vật lý. Nhiệt độ vận hành được đặt ở 20°C .

Hai áp suất vận hành được sử dụng: 10 bar ($10 \cdot 10^2$ kPa) và 20 bar ($20 \cdot 10^2$ kPa), và độ pH của dung dịch được giữ bằng 7.

Màng lọc nano ura nước được sử dụng là màng phức hợp dạng xoắn ốc và gồm một loạt cặp màng phẳng được dính với một cặp màng khác trên ba mặt và với mặt thứ tư được nối với rãnh trung tâm để thu gom phần thấm qua; các màng này sau đó được cuộn quanh rãnh này. Các tấm hai màng được tách bằng lưới đệm để tháo phần thấm qua. Lưới này

cũng được gắn trên mặt nạp liệu (giữa các cặp màng) và nó góp phần tạo sự chảy rối bổ sung cho phép giảm mức độ phân cực [về lý thuyết, di chuyển theo dạng tầng, với Re (tức là chỉ số Reynolds) thường nằm trong khoảng từ 100 đến 3000].

Tỷ lệ bề mặt/thể tích khá cao, thường nằm trong khoảng từ 700 m²/m³ đến 1000 m²/m³.

Các đặc điểm hóa học-vật lý của màng lọc nano ura nước được sử dụng SelRO[®] MPS-44 (chuỗi 2540) (Koch) được thể hiện trong Bảng 3.

Bảng 3

Vật liệu hoạt tính	Polydimethylsiloxan
Diện tích hoạt động (m ²)	1,6
Nhiệt độ vận hành tối đa (°C)	40
Áp suất vận hành tối đa (bar)	35
pH (20°C)	2 – 10
Góc tiếp xúc trong nước (°)	34,2
Trọng lượng phân tử cắt (đalton)	250
Năng lượng bề mặt (mN/m)	68,1
Điện tích (ở độ pH trung tính)	âm tính
Độ thấm nước ở 22°C [l/(m ² x h x bar)]	1,3
Độ ổn định với dung môi	Cao trong dung môi nước-hữu cơ

Nhằm mục đích so sánh, màng lọc nano ura nước Desal[®]-5-DL (General Electrics Osmotic) được sử dụng: các đặc điểm hóa học-vật lý được thể hiện trong Bảng 4.

Bảng 4

Vật liệu hoạt tính	Polyamit thơm
--------------------	---------------

Diện tích hoạt động (m ²)	1,77
Nhiệt độ vận hành tối đa (°C)	50
Áp suất vận hành tối đa (bar)	42
Độ pH (20°C)	1 – 11
Góc tiếp xúc trong nước (°)	49,4
Trọng lượng phân tử cắt (dalton)	150 – 300
Năng lượng bề mặt (mN/m)	59,7
Điện tích (ở độ pH trung tính)	âm tính
Độ thấm nước ở 22°C [l/(m ² h bar)]	3,6
Độ ổn định với dung môi	Cao trong dung môi nước-hữu cơ

Độ tách có thể đạt được bằng màng lọc nano ưa nước, và vì vậy tính năng của chúng, theo chất tan đã được xác định trước, được thể hiện bằng phần trăm đào thải:

$$R (\%) = (1 - C_p/C_r) \times 100$$

trong đó C_p và C_r lần lượt là nồng độ của chất tan trong phần thấm qua và chất tan trong phần không thấm qua.

Lấy mẫu để đo nồng độ được thực hiện ở trạng thái cân bằng. Mỗi thử nghiệm kéo dài trong khoảng thời gian từ 2 giờ đến 4 giờ, với việc lấy mẫu hàng giờ.

Hệ thống xử lý theo sáng chế

Fig. 3 thể hiện hệ thống bao gồm thiết bị hấp phụ và thiết bị lọc theo sáng chế: chữ số và chữ cái được sử dụng có cùng nghĩa nêu trên phần mô tả của Fig. 1 và Fig. 2. Fig. 3 không thể hiện bộ thu gom phân đoạn 6 có trong thiết bị hấp phụ được thể hiện trên Fig. 1, do nước được xử lý trong thiết bị hấp phụ này được đưa trực tiếp vào thùng nạp liệu 1a của thiết bị lọc nano.

Các phương pháp phân tích

Nước được xác định đặc điểm bằng các thử nghiệm định tính và định lượng cả các hợp chất hữu cơ có trong khoảng không gian trên đỉnh (các hợp chất hữu cơ dễ bay hơi - phương pháp EPA 5021), lẫn các hợp chất hữu cơ chiết bằng dung môi (các hợp chất hữu cơ bay hơi kém hơn - phương pháp EPA 3510 C).

Thử nghiệm định tính để xác định sơ bộ các hợp chất hữu cơ phổ biến được thực hiện nhờ sắc ký khí cùng với phổ khối (GC-MS).

Thử nghiệm định lượng được thực hiện bằng hai phương pháp: phương pháp sắc ký khí (GC) (phương pháp EPA 8041 và phương pháp EPA 8015) dùng để chỉ nhóm hợp chất hữu cơ tiêu biểu nhất, ví dụ đương lượng phenol, và phương pháp hóa học nhờ đó các hợp chất hữu cơ có mặt được xác định về hàm lượng cacbon hữu cơ tổng (TOC) (phương pháp EPA 415,1).

Các hợp chất hữu cơ có khối lượng phân tử thấp được oxy hóa như rượu, glycol, aldehyt, keton và axit carboxylic được xác định bằng các phương pháp ASTM E202 và EPA 8260B.

Thiết bị được sử dụng cho các thử nghiệm là như sau:

- sắc ký khí “Purge and Trap” (HP 6890 Agilent) với bộ dò FID, máy phun ghép-không ghép và được trang bị cột mao dẫn DB WAXetr (PEG) (chiều dài 30 m, đường kính 320 μ m, độ dày màng 1 μ m);
- sắc ký khí “Head Space” (HP 5890 chuỗi II với thiết bị lấy mẫu Agilent 7694) với bộ dò FID, máy phun ghép-không ghép và được trang bị cột HP-5 (chiều dài 30m, đường kính 320 μ m, độ dày màng 0,25 μ m);
- thiết bị phân tích IL550 TOC-TN (Hach) để phân tích hàm lượng cacbon hữu cơ tổng (TOC);
- thiết bị đo độ dẫn (kiểu 160, Amel Instruments) để đo độ dẫn và từ đó đo nồng độ muối;

- thiết bị cực phổ EcaMon 10S của Instran, được trang bị pin 3 điện cực: điện cực điều khiển cacbon, điện cực hỗ trợ platin và điện cực liên quan đến Ag/AgCl để phân tích kẽm, cadimi, chì và đồng;
- thiết bị hấp thụ nguyên tử 220 FS Varian, với máy tán đốt graphit;
- máy đo pH kiểu 632 (Metrohm Herisan).

Ví dụ thực hiện sáng chế

Để hiểu rõ hơn về sáng chế và đưa nó vào ứng dụng thực tế, dưới đây là các ví dụ minh họa nhưng không nhằm mục đích giới hạn phạm vi của sáng chế.

Ví dụ 1

Xử lý nước sản xuất bằng zeolit

Nước sản xuất được sử dụng có hàm lượng cacbon hữu cơ tổng (TOC) bằng 461 mg/lít.

Lượng hợp chất đương lượng phenol bằng 30ppm được xác định trong nước này nhờ thử nghiệm định lượng.

Zeolit được thể hiện trong Bảng 5 được thử nghiệm. Zeolit được đánh giá qua thử nghiệm được thực hiện bằng cách sử dụng bộ thử nghiệm được thể hiện trên Fig. 1.

Cột thủy tinh 3 với bộ hỗ trợ và bộ nối Teflon® (DuPont) được sử dụng nhằm mục đích này, có đường kính là 2,5 cm và độ dài là 30 cm, chứa 170 g zeolit. Cột này được nạp nước sản xuất ở nhiệt độ bằng 20°C, ở áp suất vận hành bằng 1 bar (1.10^{+2} kPa) và ở độ pH 7, nhờ bơm nhu động 2, với dòng nước bằng 1 lít/ngày để có thời gian tiếp xúc tầng rỗng là 3,5 giờ.

Sau 24 giờ rửa giải, các mẫu nước đã xử lý được lấy ra từ bộ thu gom phân đoạn 6 để phân tích các hợp chất còn lại trong đó: Các kết quả

thu được được thể hiện trong Bảng 5.

Bảng 5

Zeolit	SAR	TOC (mg/l)	Đương lượng phenol (ppm)
Không (mẫu ở dạng như vậy)	-	461	30
Zeolit Y CBV 100 ⁽¹⁾	5	446	0,353
Zeolit Y CBV 720 ⁽¹⁾	30	150	0,264
Zeolit Y CBV 712 ⁽¹⁾	12	447	16,34
ZSM-5 ⁽¹⁾	280	388	0,10
Mordenit ⁽²⁾	200	365	0,849
Zeolit FCC ⁽³⁾	10	476	0,197
Zeolit Y CBV 780 ⁽¹⁾	80	428	0,281

⁽¹⁾: zeolit của Zeolyst;

⁽²⁾ zeolit của Tosoh;

⁽³⁾ zeolit của Grace.

Dữ liệu báo cáo trên đây cho thấy các hợp chất hữu cơ không được loại bỏ hoàn toàn: thực tế, các giá trị về hàm lượng cacbon hữu cơ tổng (TOC) cho thấy sự có mặt của các hợp chất hữu cơ

Nước thu được từ xử lý bằng Zeolit Y CBV 720 được đưa vào thử nghiệm định tính và định lượng để xác định các hợp chất hữu cơ vẫn có mặt: dữ liệu thu được được thể hiện trong Bảng 6.

Bảng 6

Hợp chất hữu cơ	Nồng độ (ppm)
Etylenglycol	31,6
Axeton	18,2
1-propanol	19,7
Trietylenglycol	59,0
Metanol	34,9

Etanol	35,18
Axit axetic	49,02

Có thể thực hiện việc loại bỏ các hợp chất hữu cơ, được thể hiện trong Bảng 6, như được thể hiện trong các ví dụ dưới đây, bằng cách đưa nước này vào thiết bị lọc nano.

Ví dụ 2

Xử lý nước sản xuất bằng Zeolit

Nước sản xuất được sử dụng có hàm lượng cacbon hữu cơ tổng (TOC) bằng 4185 mg/lít.

Lượng các hợp chất đương lượng phenol bằng 30,59ppm được xác định trong nước này nhờ thử nghiệm định lượng.

Nước sản xuất cũng được đưa vào phân tích sắc ký khí cùng với phổ khối (GC-MS) và phân tích này được hoàn thành nhờ phân tích phân chiết bằng etyl ete của chất nhũ hóa (bao gồm dịch nổi bề mặt) sau khi axit hóa ở độ pH 2, vận hành theo các bước đã được mô tả trong: “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater” (1998), tái bản lần thứ 20, Phương pháp số 5560: Các kết quả thu được được thể hiện trong Bảng 7. Vận hành theo phương pháp số 5560, các hợp chất hữu cơ có trong nước sản xuất được chuyển hóa thành các axit tương ứng, do đó thu được các chỉ dẫn về nguồn gốc của hàm lượng cacbon hữu cơ tổng (TOC) và đặc biệt là về độ dài của mạch nguyên tử cacbon có chứa trong đó.

Bảng 7

Axit hữu cơ	Nồng độ (ppm)
Axit axetic	2200

Axit propionic	24
Axit isobutyric	36
Axit butyric	3600
Axit n-valeric	4
Axit caproic	450

Dữ liệu báo cáo trên đây cho thấy mức độ phức tạp về mặt hóa học rõ ràng của hỗn hợp các hợp chất hữu cơ có trong nước sản xuất và lượng hợp chất hữu cơ có từ 2 đến 6 nguyên tử cacbon.

Zeolit được thể hiện trong Bảng 8 được thử nghiệm. Zeolit được đánh giá qua thử nghiệm được thực hiện bằng cách sử dụng bộ thử nghiệm được thể hiện trên Fig. 1.

Cột thủy tinh 3 với bộ hỗ trợ và bộ nối Teflonđ (DuPont) được sử dụng nhằm mục đích này, có đường kính là 2,5 cm và độ dài là 30 cm, chứa 170 g zeolit. Cột này được nạp nước sản xuất ở nhiệt độ bằng 20°C, ở áp suất vận hành bằng 1 bar (1.10^{+2} kPa) và ở độ pH 7, qua bơm nhu động 2, với dòng nước bằng 1 lít/ngày để có thời gian tiếp xúc tầng rỗng là 3,5 giờ.

Sau 24 giờ rửa giải, các mẫu nước đã xử lý được lấy ra từ bộ thu gom phân đoạn 6 để phân tích các hợp chất còn lại trong đó: Các kết quả thu được được thể hiện trong Bảng 8.

Bảng 8

Zeolit	SAR	TOC (mg/l)	Đương lượng phenol (ppm)
Không (mẫu ở dạng như vậy)	-	4185	30,59
Zeolit Y CBV 100 ⁽¹⁾	5	3083	9,50

Zeolit Y CBV 720 ⁽¹⁾	30	2357	2,80
Zeolit Y CBV 712 ⁽¹⁾	12	3776	26,00
ZSM-5 ⁽¹⁾	280	3542	18,20
Mordenit ⁽²⁾	200	3500	15,60
Zeolit FCC ⁽³⁾	10	3772	21,00

⁽¹⁾: zeolit của Zeolyst;

⁽²⁾ zeolit của Tosoh;

⁽³⁾ zeolit của Grace.

Dữ liệu báo cáo trên đây cho thấy các hợp chất hữu cơ không được loại bỏ hoàn toàn: thực tế, các giá trị về hàm lượng cacbon hữu cơ tổng (TOC) cho thấy sự có mặt của các hợp chất hữu cơ chủ yếu chứa các hợp chất hữu cơ có từ 2 đến 6 nguyên tử cacbon theo các bước được thể hiện trong Bảng 7.

Có thể thực hiện việc loại bỏ các hợp chất hữu cơ, được thể hiện trong Bảng 7, như được thể hiện trong các ví dụ dưới đây, bằng cách đưa nước này vào thiết bị lọc nano.

Ví dụ 3

Thải muối: so sánh giữa hai màng lọc nano ura nước SelRO[®] MPS-44 và Desal[®]-5-DL

Dung dịch nước muối tổng hợp trong nước cất được sử dụng. Các dung dịch một thành phần khác nhau được điều chế với bảy nồng độ đẳng mol của mỗi muối để so sánh đặc tính của các màng này trên các chất tan khác nhau, nồng độ bằng nhau: các muối và nồng độ được thể hiện trong Bảng 9.

Bảng 9

Nồng độ (mol/lít)						
0,0007	0,0035	0,007	0,014	0,021	0,028	0,035

Muối	PM (đalton)	Nồng độ (ppm)						
		41	200	410	820	1200	1600	2000
NaCl	58,4	41	200	410	820	1200	1600	2000
MgCl ₂ .6 H ₂ O	203,3	140	710	1400	2800	4300	5700	7100
Na ₂ SO ₄	142	99	500	990	2000	3000	4000	5000
MgSO ₄ .7 H ₂ O	246,5	170	860	1700	3400	5200	6900	8600

Fig. 4 và Fig. 5 thể hiện kết quả thu được về phần trăm mức thải bởi màng SelRO[®] MPS-44 theo sáng chế trên dung dịch magie và natri clorua ở các nồng độ mol khác nhau và ở hai áp suất vận hành khác nhau.

Từ biểu đồ có thể thấy rằng mức thải của màng SelRO[®] MPS-44 với clorua là rất cao. Với sự có mặt của dung dịch loãng, mức thải của natri clorua hơi cao hơn so với mức thải của magie clorua. Khi nồng độ tăng, mức thải giảm xuống để đạt giá trị gần như không đổi. Trong khi đối với MgCl₂ thì ngược lại, ngay cả khi không rõ rệt: khi nồng độ tăng, mức thải tăng nhẹ cho đến khi vượt qua mức thải của natri clorua ở nồng độ là 0,007 mol/l và đạt các giá trị không đổi. Mức thải của Na₂SO₄ và MgSO₄ bởi SelRO[®] MPS-44 trên cơ sở nồng độ là không đổi và bằng 100% ngay cả ở áp suất bằng 10 bar.

Khi so với màng Desal[®]-5-DL (so sánh), đặc tính đạt được bằng màng theo sáng chế (tức là màng SelRO[®] MPS-44) thậm chí còn rõ rệt hơn.

Fig. 6 thể hiện kết quả thu được về phần trăm mức thải bởi màng Desal[®]-5-DL trên dung dịch clorua và sulfat của natri và magie ở các nồng độ mol khác nhau. Biểu đồ được thể hiện trên Fig. 6 cho thấy, nhất

là với clorua, mức thải kém hơn đáng kể so với các kết quả thu được bằng màng SelRO[®] MPS-44 theo sáng chế.

Ví dụ 4

Mức thải của các hợp chất hữu cơ phân cực không được loại bỏ bằng zeolit: so sánh giữa hai màng lọc nano ura nước SelRO[®] MPS-44 và Desal[®]-5-DL

Nhằm mục đích này, tổng hợp dung dịch được kiểm tra bao gồm các hợp chất hữu cơ phân cực với phân tử lượng thấp và trung bình, không được loại bỏ bởi zeolit như được thể hiện trong các Ví dụ 1-2 được báo cáo trên đây.

Dung dịch chứa một thành phần ở thời điểm ở nồng độ bằng 1000ppm, ở áp suất vận hành bằng 10 bar ($10 \cdot 10^+2$ kPa), ở nhiệt độ bằng 20°C và ở độ pH 7, được kiểm tra bằng cách sử dụng bộ thử nghiệm được thể hiện trên Fig. 2. Lưu lượng riêng (kg phân thấm qua trên mỗi mét vuông bề mặt của màng lọc nano ura nước trong mỗi giờ) bằng 1 kg/(m² x h).

Bảng 10 thể hiện các đặc tính hóa học-vật lý của các hợp chất hữu cơ phân cực được sử dụng và mức thải thu được bằng cách sử dụng màng lọc nano ura nước SelRO[®] MPS-44 theo sáng chế.

Bảng 10

Hợp chất hữu cơ (1000ppm)	Phân tử lượng (g/mol)	Đường kính phân tử tương đương (nm)	Mức thải (%)
Metanol	32	0,504	15,5
Etylen glycol	62,1	0,561	59,4
Tert-butanol	74,1	0,669	97,6
Metyl-t-butylete (MTBE)	88,2	0,723	98,4
Đietylenglycol	106,1	0,670	91,6

Triethylenglycol	150,2	0,757	97,7
------------------	-------	-------	------

Bảng 11 thể hiện các đặc tính hóa học-vật lý của các hợp chất hữu cơ phân cực được sử dụng và mức thải thu được bằng cách sử dụng màng lọc nano ura nước Desal[®]-5-DL (so sánh).

Bảng 11

Hợp chất hữu cơ (1000ppm)	Phân tử lượng (g/mol)	Đường kính phân tử tương đương (nm)	Mức thải (%)
Metanol	32	0,504	2
Etylenglycol	62,1	0,561	4
Tert-butanol	74,1	0,669	10
Metyl-t-butylete (MTBE)	88,2	0,723	15
Diethylenglycol	106,1	0,670	7
Triethylenglycol	150,2	0,757	14

Dữ liệu thể hiện trong Bảng 11 cho thấy cách sử dụng màng lọc nano ura nước Desal[®]-5-DL (so sánh) dẫn đến mức thải kém hơn so với việc sử dụng màng SelRO[®] MPS-44 theo sáng chế (xem Bảng 10).

Ví dụ 5

Mức thải của các hợp chất hữu cơ không được loại bỏ bằng zeolit qua lọc nano bằng cách sử dụng màng lọc nano ura nước SelRO[®] MPS-44.

Nhằm mục đích này, tổng hợp dung dịch được kiểm tra bao gồm các hợp chất hữu cơ phân cực với phân tử lượng thấp và trung bình, không được loại bỏ bằng zeolit như được thể hiện trong các Ví dụ 1-2 được báo cáo nêu trên.

Dung dịch chứa một thành phần ở thời điểm ở nồng độ bằng 1000ppm, ở áp suất vận hành bằng 10 bar ($10 \cdot 10^+2$ kPa) và đến 20 bar ($20 \cdot 10^+2$ kPa), ở nhiệt độ bằng 20°C và ở độ pH 7, được kiểm tra bằng cách sử dụng bộ thử nghiệm được thể hiện trên Fig. 2. Lưu lượng riêng (kg phân thấm qua trên mỗi mét vuông bề mặt của màng lọc nano ura nước trong mỗi giờ) bằng 1 kg/(m² x h).

Bảng 12 thể hiện mức thải thu được bằng cách sử dụng màng lọc nano ura nước SelRO[®] MPS-44 theo sáng chế.

Bảng 12

Hợp chất hữu cơ (1000ppm)	R (%) (10 bar ($10 \cdot 10^+2$ kPa))	R (%) (20 bar ($20 \cdot 10^+2$ kPa))	ΔR (%)
Etylenglycol	59,6	68,2	8,6
Axeton	77,2	82,6	5,2
1-propanol	86,5	88,8	2,3
Trietylenglycol	97,7	98,8	1,1

Dữ liệu báo cáo trên đây cho thấy sự tăng mức thải dịch chuyển từ áp suất vận hành là 10 bar ($10 \cdot 10^+2$ kPa) đến áp suất vận hành là 20 bar ($20 \cdot 10^+2$ kPa) cao hơn khi phân tử nhỏ hơn và vì vậy được giữ lại ít hơn bằng màng lọc nano ura nước. Đối với các phân tử lớn hơn với các giá trị thải cao (87% - 98%), tăng tiếp áp suất không làm cho cải tiến đáng kể về tính năng [ΔR (%) bằng khoảng 1% - 2%]; mặt khác các phân tử nhỏ hơn thì đạt mức tăng khoảng 10% khi áp suất tăng.

Ví dụ 6

Mức thải của các hợp chất hữu cơ không được loại bỏ bằng zeolit qua lọc nano bằng cách sử dụng màng lọc nano ura nước SelRO[®] MPS-44

Nhằm mục đích này, tổng hợp dung dịch được kiểm tra bao gồm các

hợp chất hữu cơ phân cực với phân tử lượng thấp và trung bình, không được loại bỏ bằng zeolit như được thể hiện trong các Ví dụ 1-2 được báo cáo nêu trên.

Dung dịch chứa một hoặc hai thành phần ở thời điểm ở nồng độ bằng 1000ppm, khi không có mặt của các muối kim loại, hoặc với sự có mặt của các muối kim loại ở nồng độ bằng 3500ppm và 7000ppm, ở áp suất vận hành bằng 10 bar ($10 \cdot 10^2$ kPa), ở nhiệt độ bằng 20°C và ở độ pH 7, được kiểm tra bằng cách sử dụng bộ thử nghiệm được thể hiện trên Fig. 2. Lưu lượng riêng (kg phần thấm qua trên mỗi mét vuông bề mặt của màng lọc nano ura nước trong mỗi giờ) bằng 1 kg/(m² x h).

Bảng 13 thể hiện nồng độ của các muối kim loại có mặt và mức thải thu được bằng cách sử dụng màng lọc nano ura nước SelRO[®] MPS-44 theo sáng chế.

Bảng 13

Hợp chất hữu cơ (1 g/l)	R (%) (không có mặt muối)	R (%) (có mặt muối)	Muối
Etylenglycol	59,6	55,1	NaCl (3500ppm)
Axeton	77,2	76,2	NaCl (3500ppm)
Iso-propanol	90,0	88,5	NaCl (3500ppm) MgCl ₂ (3500ppm)
Trietylenglycol	97,7	96,1	NaCl (3500ppm)
Metanol + etanol	39,2	36,7	NaCl (3500ppm)
Metanol + etanol	39,2	35,2	NaCl (3500ppm)

Dữ liệu báo cáo trên đây cho thấy hàm lượng muối cao hầu như

không làm thay đổi đặc tính của màng lọc nano ura nước SelRO[®] MPS-44: thực tế, việc bổ sung muối chỉ làm giảm một cách hạn chế mức thải.

Ví dụ 7

Mức thải của các muối của kim loại nặng không được loại bỏ bằng zeolit qua lọc nano bằng cách sử dụng màng lọc nano ura nước SelRO[®] MPS-44

Dung dịch tổng hợp chứa clorua của đồng, kẽm, cadimi, chì và mangan, không được loại bỏ bằng zeolit, ở nồng độ bằng 1ppm, ở áp suất vận hành là 10 bar ($10 \cdot 10^+2$ kPa), ở nhiệt độ bằng 20°C và ở pH 7, được kiểm tra bằng cách sử dụng bộ thử nghiệm được thể hiện trên Fig. 2. Lưu lượng riêng (kg phần thấm qua trên mỗi mét vuông bề mặt của màng lọc nano ura nước trong mỗi giờ) bằng 1 kg/(m² x h).

Đã phát hiện ra rằng mức thải bởi màng lọc nano ura nước SelRO[®] MPS-44 đối với kim loại có trong dung dịch nằm trong khoảng từ 98,5% đến 99,8%.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Quy trình xử lý nước ô nhiễm chứa các hợp chất hữu cơ phân cực và/hoặc không phân cực, và/hoặc các muối của kim loại nặng, và/hoặc dầu dưới dạng phân tán hoặc nhũ tương, bao gồm bước đưa nước ô nhiễm này vào hệ thống bao gồm:
 - ít nhất một thiết bị hấp phụ chứa ít nhất một alumino-silicat dạng vi mao quản hoặc dạng mao quản trung bình; và
 - ít nhất một thiết bị lọc nano chứa ít nhất một màng lọc nano ưa nước;
 trong đó màng lọc nano ưa nước bao gồm polyalkylsiloxan và có góc tiếp xúc với nước nhỏ hơn hoặc bằng 45° , trong đó alumino-silicat dạng vi mao quản được chọn từ zeolit có đường kính lỗ trung bình nằm trong khoảng từ 3,5 Å đến 7,5 Å, và trong đó alumino-silicat dạng mao quản trung bình có đường kính trung bình nằm trong khoảng từ 25 Å đến 500 Å.
2. Quy trình xử lý nước ô nhiễm theo điểm 1, trong đó góc tiếp xúc nằm trong khoảng từ 25° đến 40° .
3. Quy trình xử lý nước ô nhiễm theo điểm 1 hoặc 2, trong đó nước ô nhiễm được chọn từ: nước sản xuất có nguồn gốc từ các giếng dầu hoặc khí; nước bơm ép có nguồn gốc từ phần quay trở lại bề mặt, cùng với các hydrocacbon, của nước được bơm vào giếng để duy trì các giá trị áp suất ở mức thích hợp; nước từ nhà máy lọc dầu; nước có nguồn gốc từ công nghiệp hóa dầu; nước ngầm có nguồn gốc từ công nghiệp lọc dầu và/hoặc từ công nghiệp hóa dầu.
4. Quy trình xử lý nước ô nhiễm theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó thiết bị hấp phụ và thiết bị lọc nano được bố trí nối tiếp, tốt hơn là thiết bị hấp phụ được bố trí trước thiết bị lọc

nano.

5. Quy trình xử lý nước ô nhiễm theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó hàm lượng các hợp chất hữu cơ phân cực trong nước ô nhiễm nằm trong khoảng từ 1ppm đến 30000ppm, và/hoặc hàm lượng các hợp chất hữu cơ không phân cực trong nước ô nhiễm nằm trong khoảng từ 1ppm đến 30000ppm.
6. Quy trình xử lý nước ô nhiễm theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó hàm lượng các muối của kim loại nặng trong nước ô nhiễm nằm trong khoảng từ 0,1ppm đến 40000ppm.
7. Quy trình xử lý nước ô nhiễm theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó nước ô nhiễm chứa các muối của kim loại kiềm hoặc kim loại kiềm thổ như clorua, sulfat, cacbonat, bicacbonat, borat, của natri, của kali, của canxi, của magie, của bari, của stronti, của sắt; hoặc các hỗn hợp của chúng.
8. Quy trình xử lý nước ô nhiễm theo điểm 7, trong đó hàm lượng các muối của kim loại kiềm hoặc kim loại kiềm thổ trong nước ô nhiễm nằm trong khoảng từ 0,1ppm đến 40000ppm.
9. Quy trình xử lý nước ô nhiễm theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó hàm lượng dầu, dưới dạng phân tán hoặc nhũ tương, trong nước ô nhiễm nằm trong khoảng từ 50ppm đến 500ppm.
10. Quy trình xử lý nước ô nhiễm theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó zeolit có tỷ lệ mol silic đioxit/alumin (SAR) nằm trong khoảng từ 2 đến 500.
11. Quy trình xử lý nước ô nhiễm theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó zeolit được chọn từ silicalit, zeolit ZSM-5, zeolit Y, mordenit, beta zeolit, ferierit, hoặc các hỗn hợp của chúng.
12. Quy trình xử lý nước ô nhiễm theo điểm bất kỳ trong số các điểm

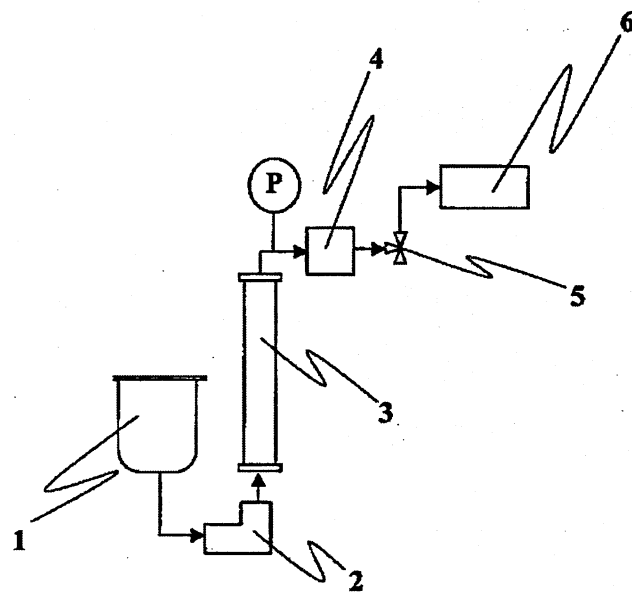
nêu trên, trong đó alumino-silicat dạng mao quản trung bình có ít nhất một trong số các điều kiện dưới đây:

- (a) tỷ lệ mol silic đioxit/alumin (SAR) nằm trong khoảng từ 30 trở lên;
 - (b) thể tích lỗ nằm trong khoảng từ 0,3 ml/g đến 1,3 ml/g; và/hoặc
 - (c) diện tích bề mặt riêng (S_{BET}) lớn hơn hoặc bằng 500 m²/g.
13. Quy trình xử lý nước ô nhiễm theo điểm 12, trong đó alumino-silicat dạng mao quản trung bình có cấu trúc hầu như vô định hình, tốt hơn là có cấu trúc vô định hình hoàn toàn.
14. Quy trình xử lý nước ô nhiễm theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó nước ô nhiễm được cho tiếp xúc với alumino-silicat dạng vi mao quản hoặc dạng mao quản trung bình trong thời gian nằm trong khoảng từ 1 phút đến 5 giờ.
15. Quy trình xử lý nước ô nhiễm theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó màng lọc nano ưa nước có ít nhất một trong số các điều kiện dưới đây:
- (a) độ thấm nước, được đo ở 22°C, nằm trong khoảng từ 0,5 l/(m² x h x bar) đến 5 l/(m² x h x bar);
 - (b) năng lượng bề mặt nằm trong khoảng từ 40 mN/m đến 80 mN/m;
 - (c) nhiệt độ vận hành tối đa nằm trong khoảng từ 15°C đến 50°C;
 - (d) áp suất vận hành tối đa nằm trong khoảng từ 5 bar (5.10⁺² kPa) đến 45 bar (45.10⁺² kPa);
 - (e) trọng lượng phân tử cắt (MWCO) nằm trong khoảng từ 150 dalton đến 300 dalton; và/hoặc
 - (f) độ pH vận hành tối đa nằm trong khoảng từ 1 đến 12.
16. Quy trình xử lý nước ô nhiễm theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó lưu lượng riêng (kg phân thấm qua trên mỗi mét vuông bề mặt của màng lọc nano ưa nước trong mỗi giờ) nằm trong

khoảng từ $0,5 \text{ kg}/(\text{m}^2 \times \text{h})$ đến $50 \text{ kg}/(\text{m}^2 \times \text{h})$.

17. Quy trình xử lý nước ô nhiễm theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó nước ô nhiễm được đưa vào hệ thống với ít nhất một trong số các điều kiện dưới đây:

- (a) nhiệt độ nằm trong khoảng từ 10°C đến 40°C ;
- (b) độ pH nằm trong khoảng từ 1 đến 12;
- (c) áp suất nằm trong khoảng từ 0,5 bar ($5 \cdot 10^4 \text{ kPa}$) đến 35 bar ($35 \cdot 10^4 \text{ kPa}$).

**Fig. 1**

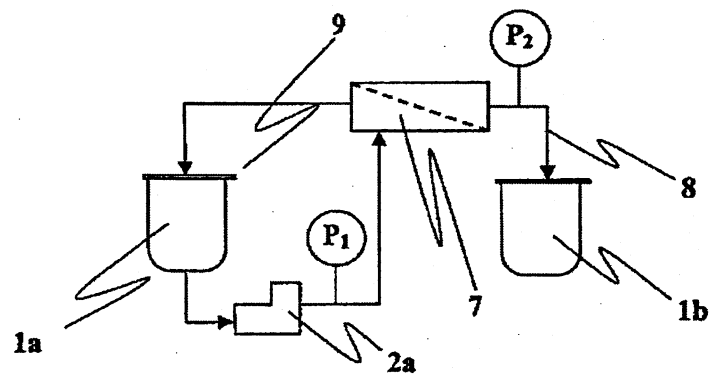


Fig. 2

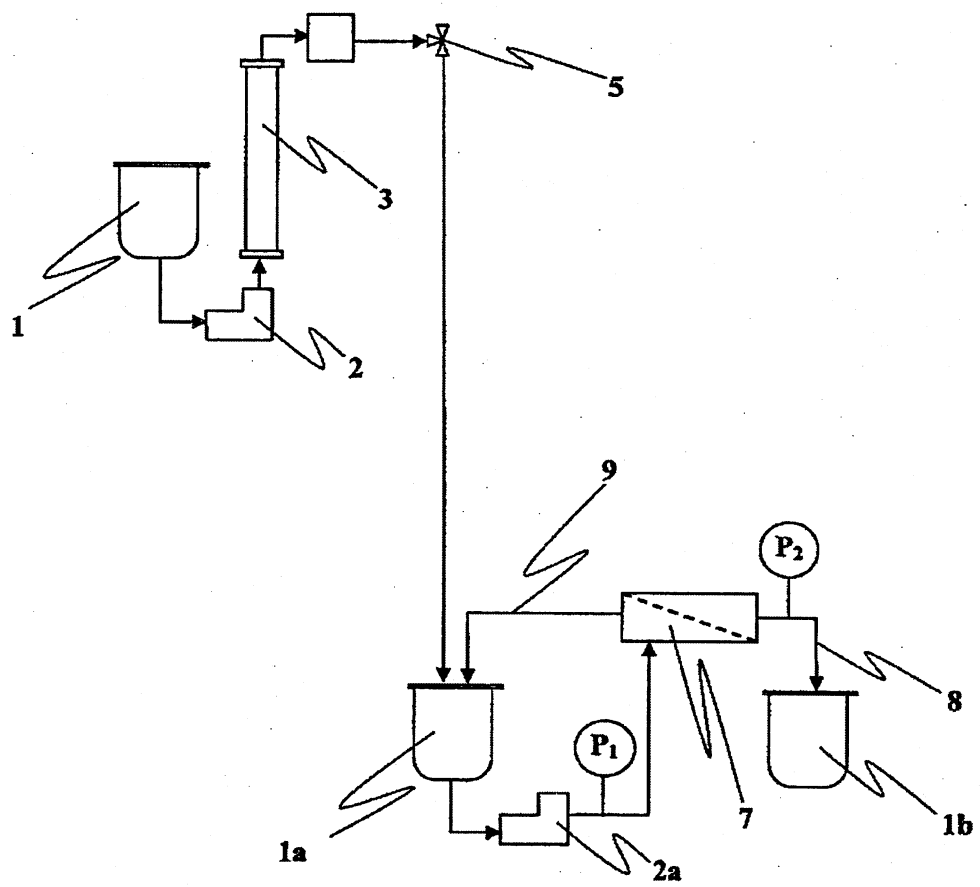
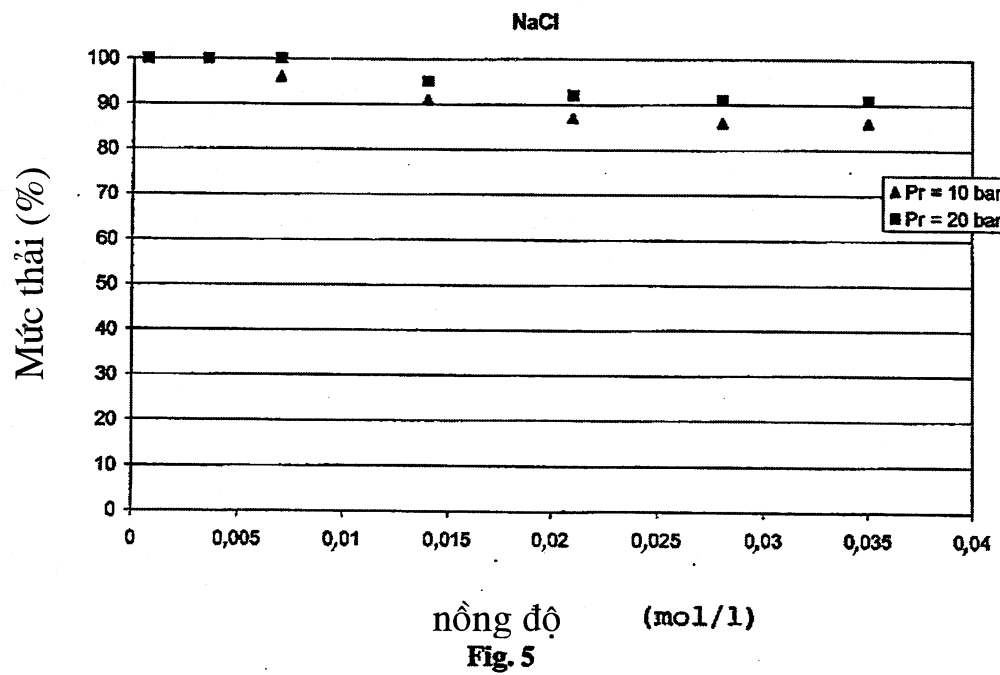
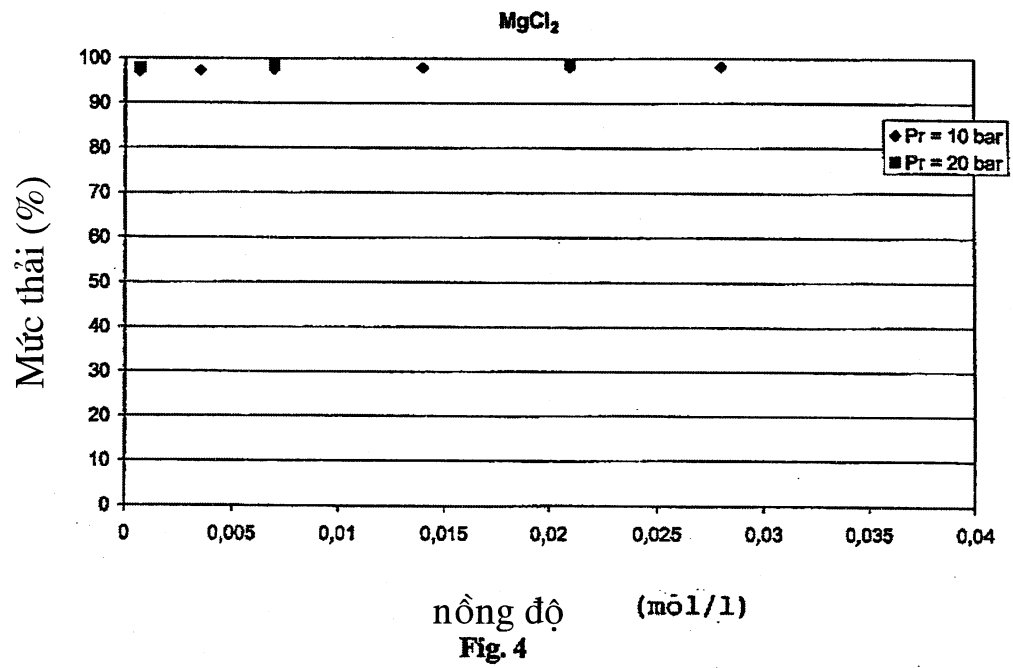


Fig. 3



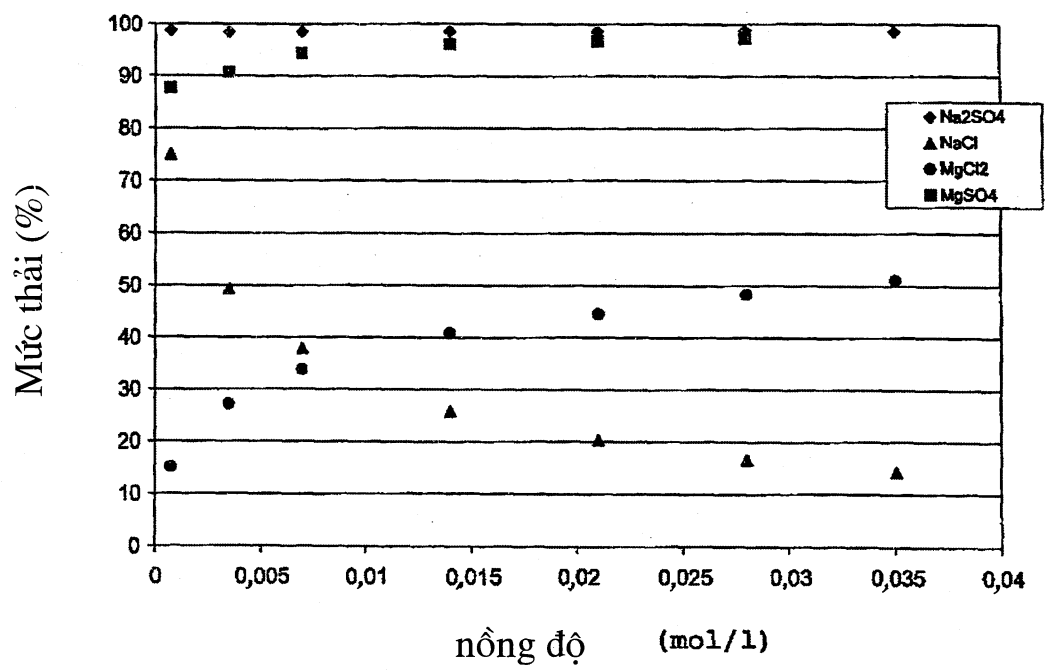


Fig. 6