

Xử lý nước lợ tại vùng xâm nhập mặn bằng công nghệ khử điện dung

Nguyễn Thị Thơm¹, Huỳnh Lê Thanh Nguyên², Phạm Thị Năm¹, Phạm Gia Vũ¹, Nguyễn Thị Thu Trang¹,
Trần Thanh Nhựt², Võ Thị Kiều Anh¹, Thái Hoàng¹, Nguyễn Thái Hoàng², Lê Việt Hải², Trần Đại Lâm¹

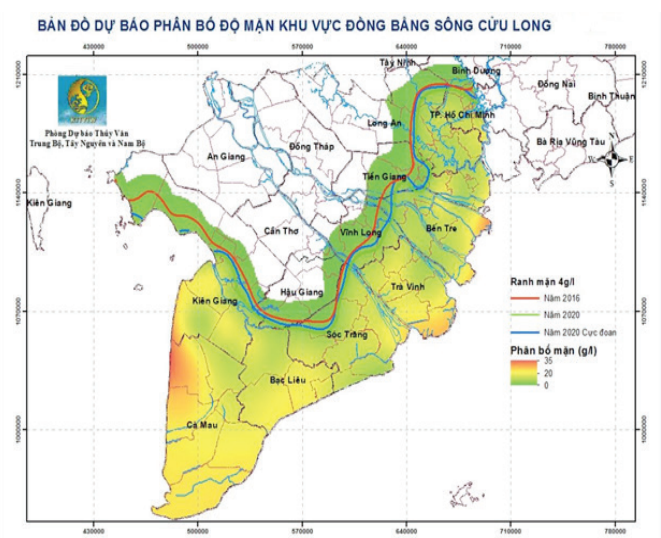
¹Viện Kỹ thuật nhiệt đới, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

²Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia TP Hồ Chí Minh

Nhằm góp phần giải quyết tình trạng thiếu nước sinh hoạt trầm trọng trong mùa hạn - mặn của các tỉnh Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL), các nhà khoa học thuộc Viện Kỹ thuật nhiệt đới (Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam) và Trường Đại học Khoa học Tự nhiên (Đại học Quốc gia TP Hồ Chí Minh) đã nghiên cứu, thiết kế và chế tạo thành công hệ thiết bị xử lý nước lợ dựa trên nguyên lý điện dung khử ion (Capacitive Deionization - CDI), với nhiều ưu điểm: chi phí chế tạo và tiêu thụ điện năng thấp, hiệu quả khử mặn cao. Đây là kết quả của đề tài KC02.24/16-20, thuộc Chương trình KC02: “Nghiên cứu ứng dụng và phát triển công nghệ vật liệu mới” [1].

Tình hình xâm nhập mặn tại vùng ĐBSCL

ĐBSCL nằm ở vùng hạ lưu sông Mê Kông có diện tích khoảng hơn 40.000 km², địa hình thấp và bằng phẳng, phần lớn có độ cao trung bình từ 0,7 đến 1,2 m so với mực nước biển và là vùng bị ảnh hưởng nặng nề bởi biến đổi khí hậu, chịu ảnh hưởng trực tiếp bởi triều cường và xâm nhập mặn. Hàng năm trên 40% diện tích gieo trồng ở khu vực này bị ảnh hưởng bởi xâm nhập mặn. Trong những năm gần đây, tình trạng biến đổi khí hậu diễn ra khốc liệt hơn, việc tích trữ nước của nhiều công trình thủy điện trên dòng sông Mê Kông đã dẫn đến sự xâm nhập mặn sâu và chất lượng nguồn nước bị suy giảm, vấn đề khan hiếm nước sinh hoạt xảy ra ở hầu hết các địa phương thuộc vùng ĐBSCL. Như quan sát trên bản đồ dự báo phân bố độ mặn khu vực ĐBSCL năm 2020 (hình 1), ranh mặn 4 g/l (tương đương độ mặn 4000 ppm hay 0,4%) đã vào sâu trong đất liền, gây thiệt hại lớn đến canh tác nông nghiệp, nuôi trồng thủy sản và ảnh hưởng đến chất lượng cuộc sống của người dân khu vực này. Do đó, việc tìm kiếm các giải pháp công nghệ để xử lý nước mặn/nước lợ (tương ứng ranh mặn 4 g/l) thành nước ngọt ngày càng cấp thiết hơn bao giờ hết.



Hình 1. Bản đồ dự báo phân bố độ mặn khu vực ĐBSCL (2020) [2].

Giải pháp công nghệ cho tình trạng thiếu nước ngọt

Hiện nay, trên thế giới đã phát triển nhiều công nghệ khử mặn như công nghệ màng thẩm thấu ngược RO (Reverse Osmosis), công nghệ khử lợ muối đa hiệu ứng (Multi-Effect Distillation - MED), công nghệ xả đa tầng (Multi-Stage Flash - MSF) và công nghệ điện ly (Electrodialysis - ED)... Trong

■ Khoa học - Công nghệ và Đổi mới sáng tạo

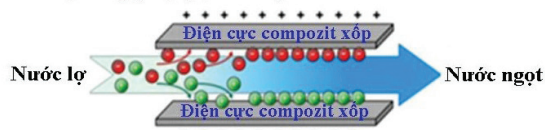
đó, công nghệ RO đang được sử dụng rộng rãi nhất vì có thể lọc được nước có độ mặn cao. Tuy nhiên, công nghệ này vẫn tồn tại một số nhược điểm như: năng lượng tiêu thụ điện lớn, lượng nước thải sau quá trình lọc lớn, công suất lọc nước không cao, màng RO có thể bị phân rã (khi đó chất lượng nước được xử lý sẽ trở nên kém hơn) và yêu cầu thay thế định kỳ, nước cứng có thể rút ngắn tuổi thọ của màng RO, việc thay thế màng lọc tốn kém... dẫn đến chi phí lọc nước sử dụng công nghệ RO cao. Hiện tại còn có một số giải pháp đang được áp dụng cho các tỉnh ĐBSCL như lắp các trạm nước ngọt hay sử dụng xitec vận chuyển nước ngọt, song đây chỉ là những giải pháp tình thế và chưa đủ để đáp ứng nhu cầu của người dân.

Việc tìm kiếm các công nghệ để chuyển hóa nước lợ thành nước ngọt với chi phí hợp lý là một giải pháp lâu bền giúp cho người dân có thể sống chung với hạn và xâm nhập mặn. Nhằm góp phần giải quyết vấn đề này, các nhà khoa học thuộc Viện Kỹ thuật nhiệt đới (Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam), và Trường Đại học Khoa học Tự nhiên (Đại học Quốc gia TP Hồ Chí Minh) đã nghiên cứu chế tạo hệ thiết bị xử lý nước lợ theo công nghệ điện dung khử ion - CDI, công suất 5-7 m³/ngày, góp phần khắc phục tình trạng thiếu nước sinh hoạt do hạn hán và xâm nhập mặn.

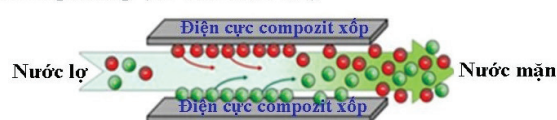
Nhóm nghiên cứu đã đi đầu trong công nghệ chế tạo vật liệu đa chức năng có hiệu suất xử lý muối cao từ than gáo dừa và ống nano cacbon (CNTs) ứng dụng làm vật liệu điện cực cho thiết bị khử mặn theo công nghệ CDI [3]. Đây là công nghệ khử mặn tiên tiến, có nhiều tiềm năng để dần thay thế công nghệ màng lọc RO. Công nghệ CDI có nhiều ưu điểm như: chi phí chế tạo và vận hành thấp, vận hành thiết bị đơn giản, hiệu suất khử muối cao. Nguyên lý hoạt động của công nghệ điện dung khử ion gồm 2 quá trình: điện hấp phụ (lọc nước) và giải hấp phụ (tái sinh, loại muối từ điện cực) - hình 2 [4, 5]. Đối với quá trình điện hấp phụ, dưới tác dụng của dòng điện một chiều (DC) các ion sẽ di chuyển về phía điện cực tích điện trái dấu và hấp phụ lên điện cực, nước thành phẩm thu được là nước ngọt. Khi các ion đã hấp phụ bão hòa, tiến hành đảo chiều nguồn điện DC (xảy ra quá trình tái sinh), các ion sẽ được phóng thích và rửa trôi vào dòng nước thải, sau khi

điện cực được tái sinh hoàn toàn sẽ tiếp tục một chu trình lọc mặn tiếp theo.

(A): Quá trình điện hấp phụ (lọc nước)



(B): Quá trình giải hấp (tái sinh điện cực)



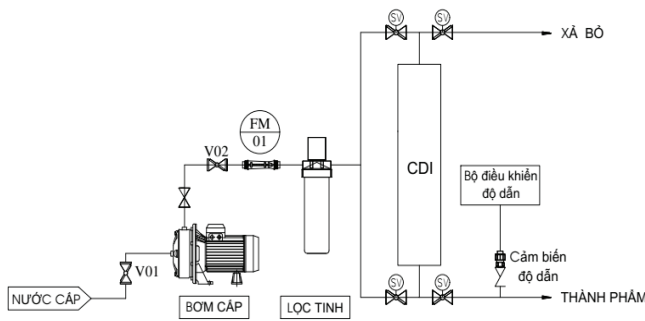
Hình 2. Nguyên lý hoạt động/điện hấp phụ (A) và giải hấp ion/tái sinh điện cực (B) của CDI.

Vật liệu điện cực compozit chính là chìa khóa, yếu tố quyết định hiệu suất khử mặn của thiết bị CDI. Trong nghiên cứu của nhóm các nhà khoa học thuộc Viện Kỹ thuật nhiệt đới và Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, điện cực sử dụng cho thiết bị khử mặn CDI đã được tối ưu (thành phần và quy trình) từ phụ phẩm nông nghiệp với trữ lượng dồi dào, sẵn có tại khu vực ĐBSCL là than gáo dừa kết hợp với ống nano cacbon đa tường (MWCNTs) với những tính năng vượt trội về độ ổn định, độ xốp và khả năng hấp phụ muối (hình 3). Hơn nữa, nghiên cứu cũng chỉ ra điện cực này có khả năng hấp phụ các ion kim loại nặng, các hợp chất hữu cơ cũng như xử lý được độ cứng của nước.



Hình 3. Điện cực compozit xốp từ than gáo dừa và module CDI.

Trên cơ sở các điện cực compozit chế tạo được, nhóm nghiên cứu đã thiết kế module khử mặn với 250 điện cực được mắc nối tiếp nhau và thiết kế sơ đồ chế tạo hệ thiết bị CDI (hình 4).



Hình 4. Sơ đồ nguyên lý hệ thiết bị CDI.

Thiết bị lọc nước CDI đã được thiết kế và lắp đặt thành công với một hệ thống điều khiển giúp chuyển hóa nước lợ thành nước ngọt đạt tiêu chuẩn của Bộ Y tế (hình 5). Hệ thiết bị gồm 45 chi tiết, trong đó một số chi tiết cơ bản như: hệ khung vỏ, bơm cấp nước, van điều khiển, hệ lọc tinh, bộ nguồn DC, tủ điều khiển, màn hình hiển thị PLC, hệ thống khử mặn (module CDI) và bồn chứa... Trong đó, tủ điều khiển được lập trình có thể vận hành tự động hoặc bằng tay với các kỹ thuật và thao tác đơn giản. Công suất lọc nước đạt khoảng 5 m³/ngày, công suất tối đa đạt được có thể lên đến 7 m³/ngày với lượng nước thải chỉ chiếm khoảng 16% lượng nước đầu vào (giá trị này nhỏ hơn nhiều so với >50% khi sử dụng công nghệ RO). Đặc biệt, hệ thiết bị đã được thử nghiệm với mẫu nước nhiễm mặn tại Càng Long, Cầu Kè, Giá Rai... thuộc các tỉnh Trà Vinh, Bạc Liêu. Khả năng khử mặn hiệu quả tại ranh mặn 4 g/l mở ra tiềm năng ứng dụng thực tế của hệ thiết bị tại khu vực ĐBSCL.



Hình 5. Hệ thiết bị CDI hoàn chỉnh, vận hành thực tế với mẫu nước đầu vào bị nhiễm mặn. (A) hệ thiết bị chính; (B) bồn chứa nước nhiễm mặn; (C) bồn chứa nước thành phẩm; (D) van dẫn nước thải.

So sánh giá và hiệu quả khử mặn của thiết bị CDI với thiết bị lọc nước Siontech của Hàn Quốc (được chế tạo với 3 module, mỗi module gồm 250 điện cực mắc nối tiếp) cho thấy: hiệu quả khử mặn của CDI gấp 3 lần nhưng giá chỉ bằng 2/3. Nếu sản xuất với quy mô lớn, giá còn có thể giảm nhiều hơn nữa.

Tuy mới chỉ là các nghiên cứu RD ban đầu, việc thiết kế chế tạo thành công hệ khử mặn CDI với nguồn nguyên liệu sẵn có tại chỗ, chi phí hợp lý và hiệu quả khử muối cao có ý nghĩa khoa học và thực tiễn quan trọng, góp phần giải quyết tình trạng thiếu nước ngọt trầm trọng tại các tỉnh thuộc vùng ĐBSCL, mang lại hiệu quả trực tiếp cho sự phát triển kinh tế - xã hội của khu vực. Đồng thời, đề tài còn góp phần phát triển nguồn nhân lực chất lượng cao, liên ngành (hóa học, khoa học vật liệu, cơ điện tử, tự động hóa) đủ trình độ và kiến thức làm chủ được công nghệ chế tạo điện cực composit xốp dẫn điện từ than gáo dừa và hệ thiết bị khử mặn CDI “made in Viet Nam” ✍

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] <http://kc02.vpct.gov.vn/Home.html>.
- [2] <http://kttvqg.gov.vn/kttv-voi-san-xuat-va-doi-song-106/xam-nhap-man-nam-2020-du-bao-se-o-muc-do-sau-gay-gat-hon-5378.html>.
- [3] Le Thanh Nguyen Huynh, Thi Nam Pham, Thai Hoang Nguyen, Viet Hai Le, Thi Thom Nguyen, Thi Diem Kieu Nguyen, Thanh Nhut Tran, Pham Anh Vu Ho, Thanh Thien Co, Thi Thu Trang Nguyen, Thi Kieu Anh Vo, Trung Huy Nguyen, Thi Thu Vu, Viet Mui Luong, Hiroshi Uyama, Gia Vu Pham, Thai Hoang, Dai Lam Tran (2020), “Coconut shell-derived activated carbon and carbon nanotubes composite: a promising candidate for capacitive deionization electrode”, *Synthetic Metals*, **265**, p.116415.
- [4] Cheng Tan, Calvin He, John Fletcher, T. David Waite (2020), “Energy recovery in pilot scale membrane CDI treatment of brackish waters”, *Water Research*, **168**, pp.115-146.
- [5] Zhuo Li, Bo Song, Zhenkun Wu, Ziyin Lin, Yagang Yao, Kyoung-Sik Moon, C.P. Wong (2015), “3D porous graphene with ultrahigh surface area for microscale capacitive deionization”, *Nano Energy*, **11**, pp.711-718.