

ỨNG DỤNG MÀNG CHƯNG CẤT CHÂN KHÔNG NHẪM TỐI ƯU HÓA QUÁ TRÌNH KHỬ MẶN NƯỚC BIỂN

Đến toà soạn 2 - 6 - 2015

Lê Trường Giang, Đào Minh Châu, Nguyễn Ngọc Tùng
Viện Hóa học, Viện Hàn Lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.

SUMMARY

APPLIED VACUUM MEMBRANE DISTILLATION PROCESS TO OPTIMIZE SEAWATER DESALINATION

Reverse Osmosis (RO) is an attractive solution for sea water desalination to supply drinking water. Nonetheless, owing to some drawbacks of RO, such as limitation by the osmotic pressure, large volume of brines and low recovery factor, coupling RO and VMD is becoming an interesting solution to further concentrate RO brines and increase the global recovery of the process. The idea of this study is then to study the feasibility of VMD for the treatment of RO brines on long-term experiments. All the tests were carried out with a bench-scale VMD pilot plant and simulations were performed to optimize the operating conditions.

Keyword: Reverse Osmosis (RO), sea water

1. MỞ ĐẦU

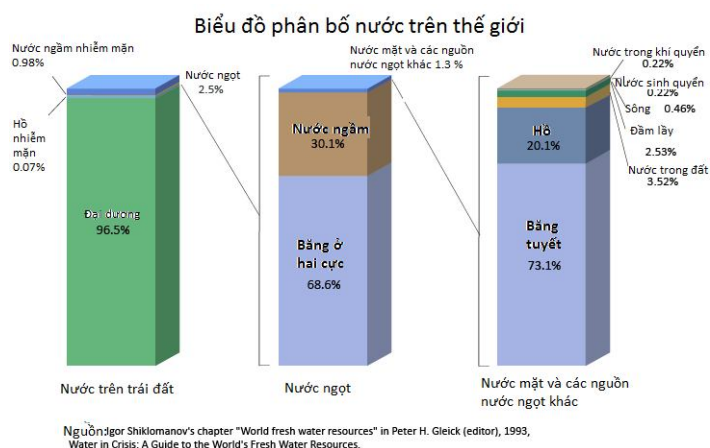
Các kết quả điều tra cho thấy, 96,5% lượng nước trên trái đất hiện nay được tìm thấy trong các đại dương và chỉ có 2,5% của tổng số nước này là nước ngọt (hình 1), hầu hết lượng nước ngọt này nằm ở trong băng ở hai địa cực và trong lòng đất. Chỉ có 1,3% nước ngọt là từ nguồn nước mặt. Do đó, khử muối nước biển để cung cấp nước uống là yêu cầu cấp thiết đối với nhiều quốc gia. Trong năm 2010, có hơn 49.000 nhà máy lọc nước biển trên thế giới, với công suất là 48 triệu m³ nước/ngày. Hiện nay đã có một số phương pháp khử muối nước biển khác nhau. Trong đó, thẩm thấu

ngược (RO) được xem như là quá trình hấp dẫn nhất để sản xuất nước ngọt từ nước biển hoặc nước lợ. Từ năm 2001, RO đã thay thế các quy trình chưng cất nước biển trước đây, 60% nhà máy đã áp dụng công nghệ RO là công nghệ chính để khử muối nước biển. Tuy nhiên, do hạn chế bởi áp suất thẩm thấu, và không có khả năng thu hồi cao, do đó một lượng lớn nước biển đã bị thải ngược trở lại biển và tốc độ dòng chảy sản xuất bị hạn chế. Một giải pháp đáng chú ý được đưa ra đó là kết hợp màng RO với màng chưng cất chân không (VMD) để tăng khả năng lọc nước thải của quá trình lọc RO và tăng cường quá trình

thu hồi nước ngọt toàn cầu [2,3]. Cũng như bất kỳ quá trình chưng cất màng nào, VMD là một công nghệ bay hơi, trong đó chân không hoặc áp suất thấp sẽ được sử dụng trên mặt thẩm qua các mô-đun màng bằng máy bơm chân không. Dung dịch đầu vào sẽ chảy tiếp tuyến với bề mặt màng; do đó, một miếng màng dạng phẳng hoặc một số ống mao mạch rộng và sợi màng có thể được sử dụng. Trong quá trình này, nước nóng sẽ bốc hơi gần các lỗ màng dưới áp suất rất thấp và sau đó khuếch tán dưới

dạng hơi thông qua các lỗ của màng. Quá trình ngưng tụ hơi nước sẽ xảy ra phía sau màng. Trong VMD, các đặc tính bay hơi của hợp chất dễ bay hơi hơn ở bề mặt lỏng-hơi và khuếch tán hơi thông qua các lỗ chân lông màng theo một cơ chế Knudsen.

Trong thời gian gần đây, VMD đã trở thành một lĩnh vực nghiên cứu của nhiều nhà khoa học trên thế giới. Một vài nghiên cứu đã được thực hiện trên VMD với dung dịch muối có nồng độ cao và sau đó chỉ cho dung dịch NaCl [1,2].



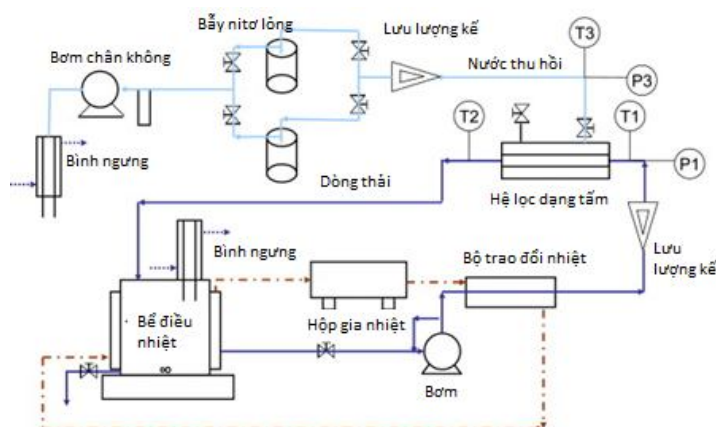
Hình 1: Biểu đồ sự phân bố nước trên Trái đất

2. THỰC NGHIỆM

2.1. Dụng cụ, hóa chất, thiết bị

Các thí nghiệm được thực hiện với một hệ thí nghiệm quy mô nhỏ VMD như hình 2

theo mẫu hệ thí nghiệm đã tham khảo trong tài liệu [5]



Hình 2: Hệ thí nghiệm quy mô nhỏ với VMD

Bình chứa dung dịch cần xử lý được làm bằng thép không gỉ với dung tích 5 lít, bao gồm một máy khuấy và một tụ điện. Hệ thống điều chỉnh nhiệt độ (một bồn nước nóng và một bộ trao đổi nhiệt). Máy bơm chuyển với hệ số Reynolds trong khoảng 850 và 7000, tốc độ ở đầu vào mô-đun trong khoảng 0,4-2,0 m/s T1, T2 và T3 là nhiệt độ ở đầu vào, đầu ra mô-đun. Bơm chân không

RP 15 Vario Vacuubrand(100-10.000 Pa).

Lưu lượng kế BRONKHORST (0-0,08 l/h)

Màng Fluoropore (Fluoropore, Millipore, France), và màng Polymem (Ultrafiltration, Polymem, France)

Nước biển nhân tạo với nồng độ 35g/l được sử dụng để nghiên cứu trong nghiên cứu này được chuẩn bị bằng cách hòa tan các muối dùng cho phân tích (NaCl, MgSO₄, Ca(HCO₃)₂, KBr) trong nước cất siêu sạch, thành phần các muối liệt kê trong bảng 1

2.2. Thực nghiệm

Các thí nghiệm sẽ tiến hành với nước biển nhân tạo và nước tinh khiết. Hơn nữa, hai loại màng khác nhau (màng Fluoropore và màng Polymem) sẽ được kiểm tra để tìm ra các điều kiện tốt nhất cho quá trình khử

muối bằng màng. Hai phương pháp để làm thí nghiệm là thay đổi áp suất và thay đổi nhiệt độ.

Áp dụng thí nghiệm đối với màng Fluoropore theo phương pháp biến đổi áp suất, nhiệt độ trong bể chứa được giữ cố định ở mức 40°C. Áp lực thẩm qua P_p đã giảm từng bước từ 6000 Pa đến 2500 Pa và tốc độ dòng chảy đầu vào là 150 l/h. Trong phương pháp biến đổi nhiệt độ, tốc độ dòng chảy và áp lực thẩm đã được cố định ở mức 150 l/h và 4000 Pa trong khi nhiệt độ trong bể chứa sẽ được kiểm soát trong phạm vi từ 25°C-50°C. Với màng Polymem theo phương pháp biến đổi áp suất, nhiệt độ nước ban đầu và tốc độ dòng chảy đầu vào được cố định ở 35°C và 50 l/h, trong khi áp lực thẩm qua đã thay đổi dần dần từ 5500 Pa đến 2500 Pa. Bên cạnh đó, với phương pháp thay đổi nhiệt độ, lưu lượng nước đã được cố định ở mức 50 l/h và áp lực thẩm là 4000 Pa trong khi nhiệt độ trong bể chứa được kiểm soát thay đổi trong phạm vi từ 25°C - 35°C.

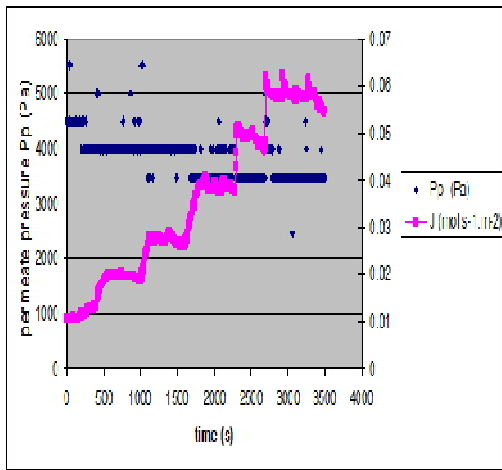
Bảng 1: Các thành phần của nước biển nhân tạo với nồng độ 35 g/l

Nguyên tố	Na ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	Tổng số
Hàm lượng (g/L)	10,760	1,294	0,412	0,387	19,353	2,712	0,142	0,067	35

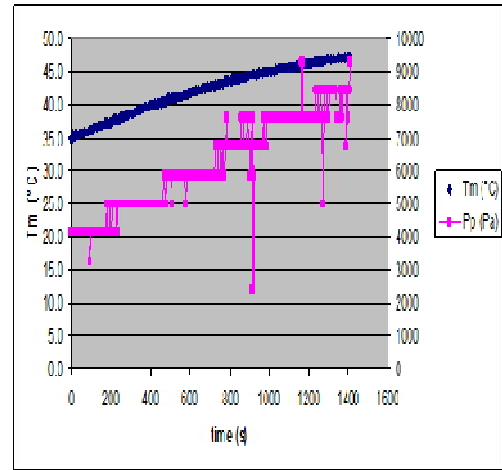
3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Các thí nghiệm được tiến hành như đã trình bày ở phần thực nghiệm với việc thay đổi áp suất của bơm chân không và nhiệt độ

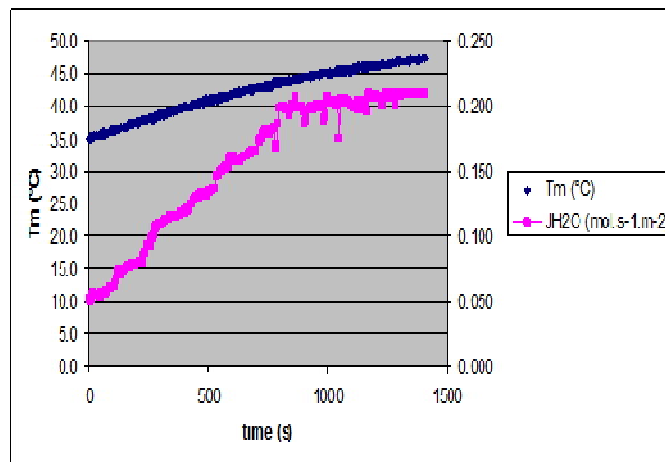
của nước đầu vào nhằm đánh giá tác động của các yếu tố đó tới lưu lượng hơi nước thẩm thấu qua màng.



a



b

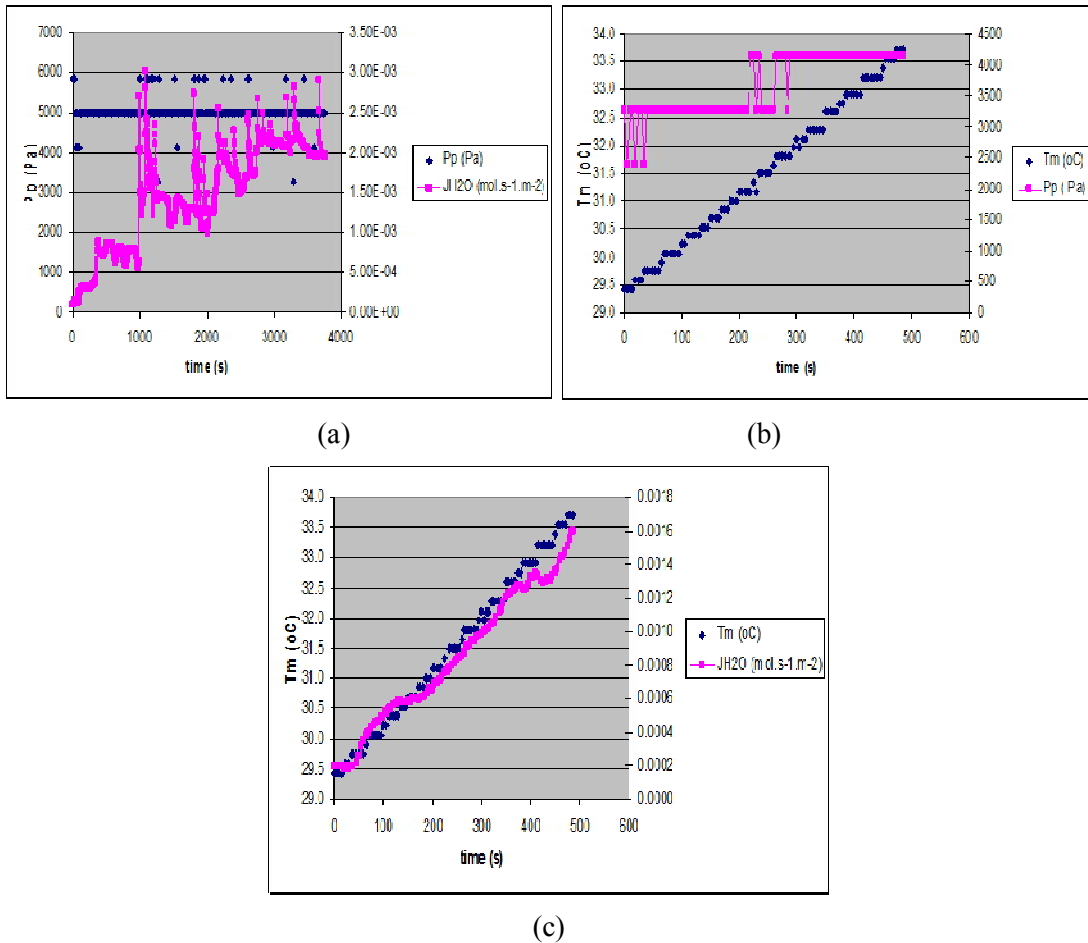


c.

Hình 3: Các thí nghiệm của màng Fluoropore với nước tinh khiết

Hình 3 cho thấy mối quan hệ giữa lưu lượng thấm qua và áp lực thấm (a), nhiệt độ ban đầu và áp lực thấm (b), nhiệt độ ban đầu và lưu lượng dòng thấm (c). Khi áp lực thấm giảm, lưu lượng thấm qua tăng đến một giá trị ổn định. Bên cạnh đó, ở nhiệt độ cao (khoảng 50°C), một lượng lớn hơi nước

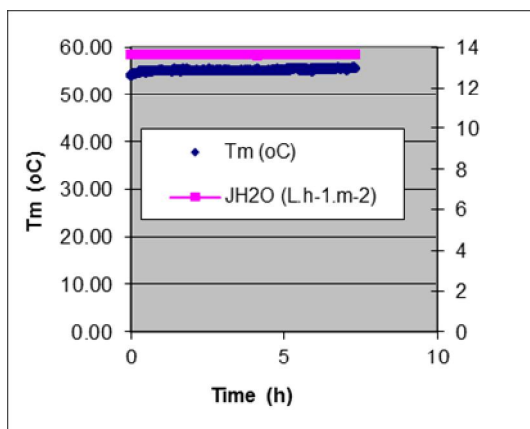
được sản xuất và đi qua màng dẫn đến tăng áp lực thấm qua. Do đó, khi lưu lượng thấm qua tăng, máy bơm chân không đã phải hút một lượng lớn hơi nước và không còn có thể duy trì cố định áp lực thấm ban đầu.



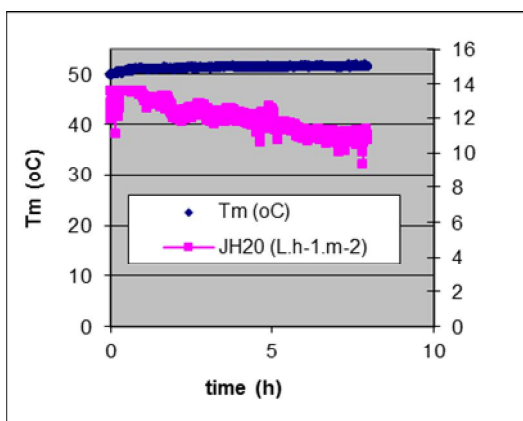
Hình 4: Các thí nghiệm của màng Polymem với nước tinh khiết

Các thí nghiệm của màng Polymem với nước tinh khiết cho thấy mối quan hệ giữa lưu lượng thẩm qua và áp lực thẩm (a), nhiệt độ ban đầu và áp lực thẩm (b), nhiệt độ ban đầu và lưu lượng dòng thẩm (c). Phương pháp thay đổi áp suất không áp dụng được cho màng polymem trong trường hợp này. Lý do có thể là nhiệt độ tối đa của dung dịch ban đầu chỉ là 35°C bởi vì vật liệu tạo vỏ chứa màng là PVC trong

suốt. Lưu lượng dòng thẩm qua J_{H_2O} phụ thuộc vào nhiệt độ bề mặt màng T_m . Lưu lượng dòng thẩm qua ổn định ở mức giá trị T_m thấp (dưới 30°C) và bắt đầu tăng dần khi T_m là trong khoảng từ 30°C đến 35°C. Màng Polymem này không cho phép nhiệt độ qua màng cao hơn 35°C vì vật liệu tạo ra vỏ chứa màng. Theo kết quả này, tính thẩm của màng Fluoropore cao hơn của màng Polymem.



(a)



(b)

Hình 5: Các thí nghiệm của màng Fluoropore với nước biển nhân tạo với thời gian 8 giờ đầu tiên (a) và 8 giờ sau (b)

Theo kết quả, lưu lượng thấm ổn định trong điều kiện này và trong khoảng $13,6 \text{ (l.h}^{-1}\text{.m}^{-2}\text{)}$. Sau 8 giờ đầu tiên (ngày thứ nhất), nồng độ và dung lượng của dung dịch còn lại là $40,88 \text{ g/l}$ và $3,42 \text{ l}$. Sau đó, lưu lượng thấm qua trong 8 giờ tiếp theo (ngày thứ 2) giảm dần. Tổng lưu lượng trong ngày thứ 2 là $554,8 \text{ ml}$. Sau 2 thí nghiệm, nồng độ và thể tích dung dịch còn lại lần lượt là 48 g/l và $2,92 \text{ l}$. Lưu lượng trung bình của ngày 1 và ngày thứ 2 là rất ổn định (khoảng $13,6 \text{ l.h}^{-1}\text{.m}^{-2}$). Lý do của sự sụt giảm của dòng thấm qua có thể là sự gia tăng của nồng độ muối trong nước biển tổng hợp và/hoặc sự tắc nghẽn trên màng. Lượng nước trong dung dịch muối và hệ số hoạt động của nước cấp giảm khi nồng độ của dung dịch tăng lên. Lưu lượng dòng thấm qua màng J_w giảm khi chênh lệch áp suất xuyên màng giảm.

4. KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này, tính thấm của màng Fluoropore là tốt hơn so với màng Polymem thông qua kết quả thực nghiệm. Vì vậy, những thí nghiệm với nước

biển nhân tạo trong phần thứ hai được thực hiện với màng Fluoropore. Lưu lượng dòng thấm của nước biển nhân tạo giảm trong khi nồng độ muối của dung dịch ban đầu tăng lên. Việc giảm lưu lượng dòng thấm là do sự thay đổi về khả năng bốc hơi nước của dung dịch ban đầu. Việc tiến hành các nghiên cứu và quan sát quy mô lớn hơn đối với VMD trong việc khử muối nước biển là một nhiệm vụ khả thi và có tính áp dụng thực tiễn cao.

Lời cảm ơn: Các tác giả trân trọng cảm ơn sự tài trợ của dự án ODA Việt Nam – Đan Mạch mã số: **10.P04.VIE** và đề tài: “*Nghiên cứu ứng dụng màng thấm thấu chuyển tiếp trong sản xuất nước sinh hoạt*”.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Cabassud, C., Wirth, D., (2003) Membrane distillation for water desalination: how to choose an appropriate membrane. Desalination 157, 307-314.
2. Safavi, M., Mohammadi, T., (2009) High-salinity water desalination using VMD. Chemical Engineering Journal 149, 191-195.

3. Greenlee, L.F., Lawler, D.F., Freeman, B.D., Marrot, B., Moulin, P., (2009) Reverse osmosis desalination: water sources, technology and today's challenges. *Water Research* 42, 2317-2348.
4. Khayet, M., Matsuura, T., (2011) *Membrane Distillation – Principles and*

Applications. Elsevier Publication, Great Britain.

5. Mericq, J.P., Laborie, S., Cabassud, C., (2009) Vacuum membrane distillation for an integrated seawater desalination process. *Desalination and Water Treatment* 9, 293-302,.

TỔNG HỢP VÀ NGHIÊN CỨU TÍNH CHẤT(tiếp theo tr. 95)

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Na Zhao, Shu-Ping Wang, Rui-Xia Ma, et. al, (2008), "Synthesis, crystal structure and properties of two ternary rare earth complexes with aromatic acid and 1,10-phenanthroline", *Journal of Alloys and Compounds*, Vol. 463, pp. 338-342.
2. Xianju Zhou, Wing-Tak Wong, Sam C.K. Hau, Peter A. Tanner (2015), "Structural variations of praseodymium(III) benzoate derivative complexes with dimethylformamide", *Polyhedron*, Vol. 88, pp. 138-148.
3. Ponnuchamy Pitchaimani, Kong Mun Lo, Kuppanagounder P. Elango (2015), "Synthesis, crystal structures, luminescence properties and catalytic application of lanthanide(III) piperidine dithiocarbamate complexes", *Polyhedron*, Vol. 93, pp. 8-16.
4. Burak Ay, Nurhayat Doğan, Emel Yildiz, İbrahim Kani (2015), "A novel three dimensional samarium(III) coordination polymer with an unprecedented coordination mode of the 2,5-pyridinedicarboxylic acid ligand: Hydrothermal synthesis, crystal structure and luminescence property", *Polyhedron*, Vol. 88, pp. 176-181.

5. Seira Shintoyo, Takeshi Fujinami, Naohide Matsumoto, Masanobu Tsuchimoto, Marek Weselski, Alina Bieńko, Jerzy Mrozinski (2015), "Synthesis, crystal structure, luminescent and magnetic properties of europium(III) and terbium(III) complexes with a bidentate benzoate and a tripod N₇ ligand containing three imidazole, [Ln^{III}(H₃L)benzoate](ClO₄)₂·H₂O·2MeOH (Ln^{III} = Eu^{III} and Tb^{III}; H₃L: tris[2-(((imidazol-4-yl)methylidene)amino)ethyl]amine))", *Polyhedron*, Vol. 91, pp. 28-34.
6. Sun Wujuan, Yang Xuwu, et. al., (2006), "Thermochemical Properties of the Complexes RE(HSal)₃·2H₂O (RE = La, Ce, Pr, Nd, Sm)", *Journal of Rare Earths*, Vol. 24, pp. 423-428.
7. Kotova O. V., Eliseeva S. V., Lobodin V. V., Lebedev A. T., Kuzmina N. P. (2008), "Direct laser desorption/ionization mass spectrometry characterization of some aromatic lanthanide carboxylates", *Journal of Alloys and Compound*, Vol. 451, pp. 410-413.