



Đề xuất một số giải pháp kiểm soát ô nhiễm mới nổi - vi nhựa trong môi trường

THÁI HÀ VINH^{2,3}, ĐINH TRUNG HÀ², ĐỖ VĂN MẠNH^{1,2}, ĐẶNG THỊ THƠM^{1,2*}

¹ Viện Khoa học công nghệ Năng lượng và Môi trường, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

² Học viện Khoa học và Công nghệ, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

³ Viện Khoa học An toàn và Vệ sinh lao động

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong những thập kỷ gần đây, các nghiên cứu về đặc điểm của nước thải đã hướng sự chú ý đến các hợp chất mới được phát hiện có nguồn gốc nhân sinh trong môi trường tự nhiên, thường xuất hiện ở dạng vết ở phạm vi từ nanogram/L (ng/L) đến microgram/L ($\mu\text{g/L}$) [2]. Các hợp chất này được đặt tên là “chất gây ô nhiễm mới nổi (ÔNMN)”, hay chất vi lượng, chất ÔNMN, chất gây ô nhiễm cần quan tâm hoặc các hợp chất hữu cơ dạng vết. Sự xuất hiện của các hợp chất ÔNMN và tác động có hại của chúng đối với các dạng sống dưới nước và trên cạn cũng như đối với sức khỏe con người hiện đang là vấn đề môi trường được các nhà khoa học quan tâm [1].

Các chất ÔNMN là những chất hóa học tự nhiên hoặc nhân tạo chưa được đưa vào chương trình giám sát, quan trắc trong môi trường nhưng có tiềm năng độc hại gây ra những tác động ảnh hưởng bất lợi đến hệ sinh thái và sức khỏe con người như vi nhựa, một số chất hữu cơ... Điều quan trọng cần lưu ý là phần lớn các chất ÔNMN không phải là chất ô nhiễm mới hoặc gần đây mới được đưa vào môi trường, mà đó là một dạng ô nhiễm cần được quan tâm và cảnh báo ô nhiễm môi trường. Bất chấp các hướng dẫn của chính quyền địa phương, việc xả thải không kiểm soát thường xảy ra do thiếu luật pháp mạnh mẽ và thiếu hụt dữ liệu về độc tố sinh thái liên quan đến các chất ÔNMN [3]. Hơn thế nữa, các chất ÔNMN có khả năng chống chịu với các quy trình xử lý sinh học thông thường hoặc có động học chậm nên khó để phân hủy sinh học [4]. Do đó, thuật ngữ “mới nổi” mô tả cả chất gây ô nhiễm và mối quan tâm mới nổi về chất gây ô nhiễm đó như một mối đe dọa đến môi trường và sinh vật.

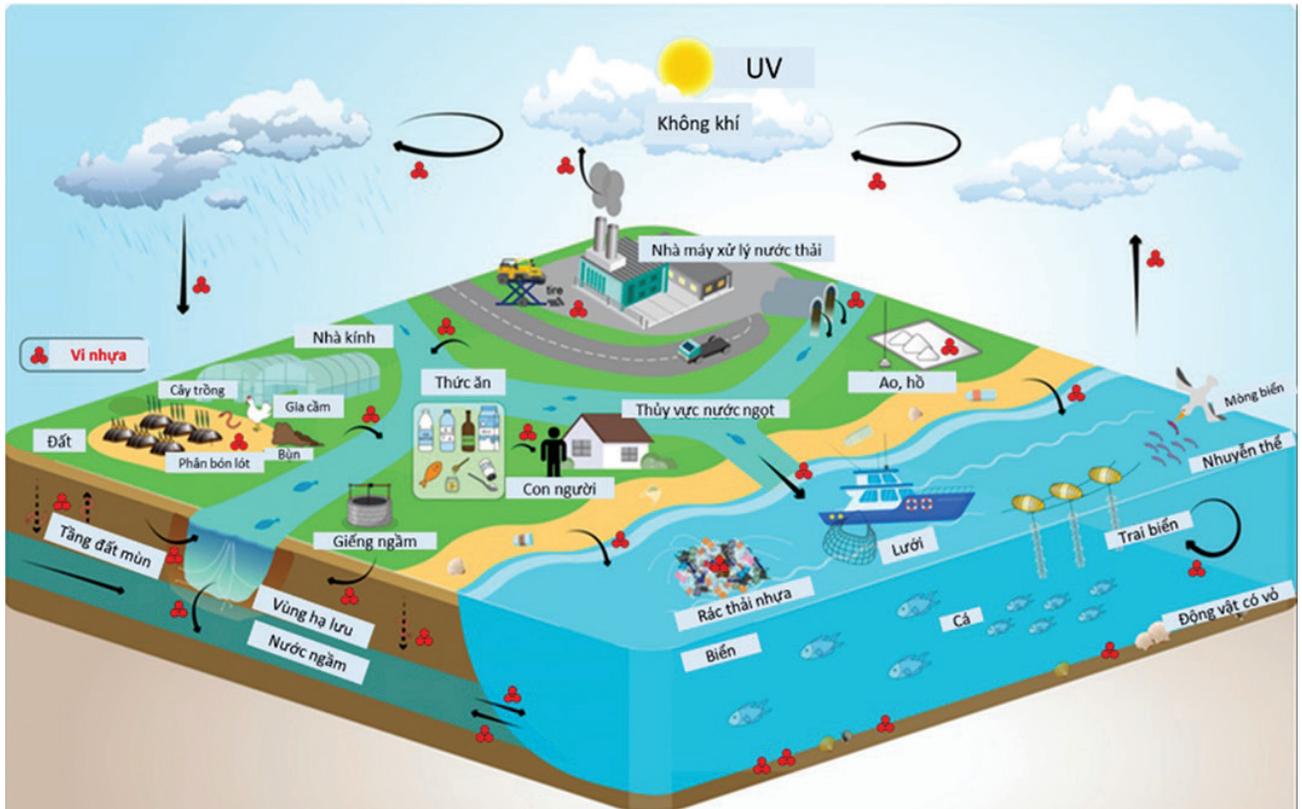
Các chất ÔNMN thường là các chất có hoạt tính sinh học và có thể được tích lũy sinh học qua các bậc dinh dưỡng. Chúng có thể xảy ra trên diện rộng và tồn tại lâu dài, có nguồn gốc khác nhau, từ các nguồn ô nhiễm sơ cấp và thứ cấp trong môi trường liên quan đến rác thải nhựa rời khuếch tán, vận chuyển và lan truyền các chất ô nhiễm trong môi trường nước, trầm tích, theo các chuỗi thức ăn, lưới thức ăn tích tụ trong sinh vật, gây ô nhiễm môi trường và rủi ro tới sức khỏe con người. Sự hiện diện của các chất ÔNMN trong hệ sinh thái thủy sinh có thể gây ra các tổn thương sinh

thái to lớn, bao gồm các tác động tới hệ thống nội tiết của các loài bậc cao, giảm sức đề kháng của vi sinh vật và tích tụ trong nước, đất, thực vật và động vật, cùng nhiều mối lo ngại ô nhiễm khác [5]. Do đó, các chất ÔNMN trong môi trường (nước, trầm tích, sinh vật) có nguy cơ cao ảnh hưởng tới sức khỏe con người và đang trở thành vấn đề ÔNMN được quan tâm, đặc biệt là ô nhiễm vi nhựa trong môi trường.

2. THỰC TRẠNG Ô NHIỄM VI NHỰA VÀ VAI TRÒ CỦA CHÚNG TRONG VIỆC PHÁT TÁN CÁC CHẤT Ô NHIỄM MỚI NỔI TRONG MÔI TRƯỜNG

Ngành công nghiệp nhựa bắt đầu từ những năm 1920 và phát triển nhanh chóng từ những năm 1940. Sản lượng nhựa hàng năm vẫn tăng mặc dù đã nâng cao nhận thức về ô nhiễm nhựa và các nỗ lực giảm thiểu ô nhiễm của nó. Ước tính có khoảng 275 triệu tấn rác thải nhựa trên đất liền từ 192 quốc gia ven biển dẫn tới 4,8 đến 12,7 triệu tấn đi vào đại dương trong năm 2010 [6]. Hơn nữa, sự suy thoái và phân mảnh của rác thải nhựa trên biển dẫn đến sự hình thành các vi nhựa thứ cấp gây nguy hại trong các đối tượng môi trường như nước, trầm tích (đất), sinh vật... Về chất thải vi nhựa, ghi nhận có tới 60 đến 99 triệu tấn đã được tạo ra vào năm 2015 [7]. Do đó, vi nhựa xuất hiện phổ biến trong các môi trường trên cạn, nước ngọt và biển [8].

Các tác động đã được biết đến rộng rãi của các mảnh rác thải nhựa lớn là làm mất mỹ quan, ảnh hưởng đến ngành du lịch và kinh tế biển (ví dụ như nuôi trồng thủy sản, sản xuất năng lượng, vận chuyển hàng hải), là nguyên nhân của hàng loạt cái chết và gây thương tích cho động vật biển hoang dã [9]. Mặc dù cả mảnh nhựa lớn và vi nhựa đều có thể vận chuyển mầm bệnh và giải phóng các chất ÔNMN như các chất hóa dẻo hoặc chất phụ gia, nhưng vi nhựa có thể hấp phụ và khử hấp phụ, do đó, sự tích lũy sinh học của các chất ô nhiễm độc hại nhiều hơn về số lượng do tỷ lệ diện tích bề mặt trên thể tích của vi nhựa lớn hơn mảnh nhựa lớn [10]. Như vậy, các chất ÔNMN có sự liên kết ô nhiễm cả về hấp phụ bề mặt của vi nhựa và hấp thụ trong vi nhựa bởi từ quá trình sản xuất nhựa sử dụng nhiều chất hóa dẻo, chất chống cháy và các chất hoạt động bề mặt...



Hình 1. Lan truyền ô nhiễm vi nhựa trong môi trường

Vi nhựa có thể gây nguy hiểm cho các hệ sinh thái biển và sinh vật thông qua một vài cách tiếp cận. Trong một hệ sinh thái điển hình, vi nhựa hoạt động như một bể chứa hoặc vật trung gian, do đó chúng tích tụ các chất gây ô nhiễm hóa học, vận chuyển chúng tới khoảng cách xa và dẫn đến sự tăng cường của chất ô nhiễm đối với sinh vật trong hệ sinh thái và dẫn tới có ảnh hưởng tới hệ sinh thái (Hình 1). Ngoài ra, vi nhựa cùng tồn tại với các hỗn hợp chất gây ô nhiễm trong môi trường và đã được cho là hoạt động như vật trung gian “vật mang” truyền các chất hóa học từ môi trường nước, trầm tích tới các sinh vật cả dưới nước và trên cạn [10, 12]. Những hóa chất này có thể bắt nguồn từ các chất phụ gia, chất chống cháy hóa học được thêm vào trong quá trình sản xuất nhựa [11]; hoặc có thể tích lũy các chất độc hóa học từ môi trường xung quanh vì khả năng hấp phụ cao của vi nhựa trong môi trường [13].

Tương tự, các chất ÔNMN có nguy cơ bị khử hấp phụ cùng vi nhựa mà sinh vật ăn phải và đi vào cơ quan sinh học của cơ thể sống. Tình trạng này khiến vi nhựa vừa là nguồn gây ô nhiễm vừa là vật chứa các chất ô nhiễm [14]. Ngoài ra, sự tích tụ của các chất ô nhiễm độc hại trong các sinh vật khác gợi ý về một tình huống tương tự có thể xảy ra rủi ro đối với con người [13]. Trong một nghiên cứu, vi nhựa được phát hiện có lượng polychlorinated biphenyls (PCB) với nồng độ cao hơn 105-106 lần so với trong nước biển xung quanh [15].

Sự hiện diện của vi nhựa polyethylene (PE) đã làm tăng sự tích tụ sinh học của các hợp chất polybrominated diphenyl ethers (PBDE), PCB và hợp chất hydrocarbon thơm đa vòng (PAH) [15]. Vật liệu nhựa, như polystyren (PS), PE và polypropylene (PP), có thể hấp thụ các hợp chất hữu cơ kỵ nước, cụ thể là PCB, PBDE, PAH và hexabromocyclododecane (HBCD), sau đó chúng đóng vai trò như chất trung gian đưa các chất đó tiếp cận đến với sinh vật. Mato và cộng sự [15] nghiên cứu chỉ ra rằng vi nhựa có khả năng tích tụ PAHs, PCBs, phthalate và thuốc trừ sâu với hệ số nồng độ lên đến 106 lần so với nước biển xung quanh. Việc PCB và PBDE được tìm thấy trong cá được cho ăn vi nhựa biển nhiều hơn so với cá được cho ăn nhựa nguyên sinh [15] đã khẳng định các mảnh vi nhựa đóng vai trò là vật trung gian truyền các chất ô nhiễm đã hấp thụ trên bề mặt nhựa [15].

Sự kết hợp giữa vi nhựa và chất ÔNMN thể hiện mối quan tâm nghiêm trọng trong môi trường vì chúng có thể thay đổi các đặc điểm của các chất gây ô nhiễm như số phận của chúng trong môi trường, tính khả dụng sinh học và sự tích lũy sinh học [11, 12]. Việc nghiên cứu đồng thời ô nhiễm vi nhựa cùng các chất ÔNMN là chủ đề đang được quan tâm về môi trường vì sự kết hợp của chúng có thể dẫn đến những thay đổi về số phận môi trường trong các hệ sinh thái, có thể gây ra mối đe dọa tới sinh vật và rủi ro tới sức khỏe con người.



3. GIẢI PHÁP KIỂM SOÁT CHẤT Ô NHIỄM MỚI NỔI - VI NHỰA TRONG MÔI TRƯỜNG

Sự lan truyền của ô nhiễm vi nhựa và các chất ÔNMN như Phthalate, Bisphenol A (BPA), Polybrominated Diphenyl Ethers (PBDEs) và các hợp chất hữu cơ bền (POPs) trong môi trường đang đặt ra những thách thức nghiêm trọng đối với khoa học môi trường hiện đại. Đặc biệt, khi vi nhựa được xem là vector hấp phụ và vận chuyển các chất ô nhiễm trong môi trường nước và trầm tích, làm gia tăng độc tính và tính bền vững sinh học của các hệ chất này. Do vậy, để kiểm soát hiệu quả các chất ÔNMN đòi hỏi hệ thống giải pháp tổng hợp, dựa trên nền tảng khoa học vững chắc và hướng đến tính liên ngành:

(1) *Tăng cường nghiên cứu cơ chế lan truyền, tích tụ và tác động độc học của các chất ÔNMN*

Kiểm soát hiệu quả vi nhựa và các chất ÔNMN trước tiên đòi hỏi phải hiểu rõ cơ chế phát sinh, lan truyền, hấp phụ và tích tụ trong các thành phần môi trường, cần thúc đẩy nghiên cứu về:

Tính chất vật lý - hóa học của vi nhựa (diện tích bề mặt, khả năng hấp phụ, thành phần polymer) và mối quan hệ với khả năng mang các chất ÔNMN;

Cơ chế tương tác giữa vi nhựa với các chất ÔNMN trong môi trường nước, trầm tích và sinh vật (sự hấp phụ, giải hấp, chuyển hóa sinh học);

Phân tích độc học đa mức độ (in vitro, in vivo, omics-based) để xác định nguy cơ ảnh hưởng đến hệ thần kinh, nội tiết, sinh sản, di truyền đối với sinh vật chỉ thị và con người.

(2) *Phát triển các chỉ thị sinh học và mô hình đánh giá rủi ro tích hợp*

Hệ sinh thái sông và biển là môi trường tiếp nhận chính các vi nhựa và các chất ÔNMN. Do vậy, cần xây dựng các chỉ thị sinh học như động vật đáy, nhuyễn thể hoặc cá tầng đáy để phản ánh sự tích tụ vi nhựa và chất ô nhiễm liên quan trong chuỗi thức ăn. Đồng thời, cần phát triển các mô hình đánh giá rủi ro tích hợp, kết hợp dữ liệu định lượng từ môi trường, dữ liệu phơi nhiễm và phản ứng sinh học để đánh giá rủi ro sinh thái và sức khỏe con người theo không gian và thời gian.

(3) *Thiết kế công nghệ xử lý tiên tiến*

Kiểm soát vi nhựa và các chất ÔNMN cần được tích hợp trong chuỗi xử lý nước thải, bùn thải và chất thải rắn. Một số công nghệ xử lý tiên tiến như: Lọc nano (nanofiltration), màng siêu lọc (UF) có khả năng loại bỏ đồng thời các vi nhựa và các chất ô nhiễm trong nước thải; Oxy hóa nâng cao (AOPs) kết hợp plasma lạnh hoặc ozone nhằm phá vỡ cấu trúc hóa học của các chất ô nhiễm mới nổi và phá hủy polymer nhựa; Vật liệu hấp phụ thế hệ mới như zeolite biến tính, vật liệu nano từ tính (magnetic nanoparticles)... để hấp

phụ các hợp chất khó phân hủy như PBDEs hoặc BPA. Các hệ thống xử lý này cần được đánh giá hiệu suất loại bỏ trong điều kiện thực tế, đồng thời xây dựng các chỉ tiêu hiệu quả đối với từng loại polymer hoặc chất ÔNMN cụ thể.

(4) *Quản lý vòng đời sản phẩm và áp dụng tiếp cận kinh tế tuần hoàn*

Giảm phát sinh vi nhựa và các chất ÔNMN ngay từ đầu nguồn là giải pháp bền vững nhất. Việc kiểm soát vòng đời sản phẩm nhựa cần được thực hiện thông qua: Thiết kế sản phẩm theo định hướng sinh thái: giảm sử dụng chất phụ gia độc hại, dễ tái chế và không tạo vi nhựa thứ cấp trong quá trình sử dụng; Thay thế các chất phụ gia nguy hại bằng các hóa chất có cấu trúc tương đồng nhưng có độ độc thấp hơn, khả năng phân hủy sinh học dễ dàng hơn trong môi trường; Quy định kiểm soát hóa chất trong chuỗi cung ứng theo hướng tiếp cận quản lý dựa trên đánh giá vòng đời, bao gồm sản xuất, tiêu dùng và thải bỏ, tiếp cận kinh tế tuần hoàn vòng đời sản phẩm.

(5) *Đưa vi nhựa và các chất ÔNMN vào các chương trình quan trắc, chuẩn hóa cơ sở dữ liệu*

Việc thiếu vắng hệ thống giám sát liên tục và cơ sở dữ liệu chuẩn về vi nhựa và các chất ÔNMN là rào cản lớn trong xây dựng chính sách để kiểm soát hiệu quả nhóm chất ô nhiễm này. Một chiến lược dài hạn là thiết lập mạng lưới giám sát quốc gia cho vi nhựa trong đó nhấn mạnh điểm nóng đối với các chất ÔNMN, với các trạm quan trắc đặc thù trên sông, hồ, vùng ven biển và khu vực nhạy cảm sinh thái. Cùng với đó, cần áp dụng thống nhất các phương pháp lấy mẫu, xử lý và phân tích theo tiêu chuẩn quốc tế (ví dụ: US EPA, ISO, NORMAN...), đồng thời xây dựng cơ sở dữ liệu mở về hiện trạng, xu hướng tích tụ và phân bố không gian - thời gian của vi nhựa và các chất ô nhiễm liên quan trong môi trường.

(6) *Nâng cao hiệu quả quản lý nhà nước*

Nhà nước cần xây dựng và ban hành các quy chuẩn kỹ thuật, tiêu chuẩn quốc gia đối với vi nhựa trong môi trường nước, trầm tích và sinh vật, tương tự như các chỉ tiêu đối với kim loại nặng hay hợp chất hữu cơ bền (POPs). Đồng thời, cập nhật danh mục chất ô nhiễm cần kiểm soát nghiêm ngặt, bổ sung các nhóm chất ÔNMN như vi nhựa, Phthalates, BPA, PBDEs vào hệ thống giám sát môi trường định kỳ quốc gia. Đồng thời, lồng ghép yêu cầu quản lý ô nhiễm vi nhựa vào các chất ÔNMN trong các chính sách phát triển ngành nhựa, xây dựng đô thị, nông nghiệp, xử lý nước thải và quản lý chất thải rắn. Mô hình quản lý nên chuyển từ kiểm soát sau phát sinh sang quản lý vòng đời sản phẩm, kết hợp trách nhiệm mở rộng của nhà sản xuất với công cụ kinh tế như thuế môi trường, ưu đãi tín



dụng xanh. Cùng với đó, vai trò của các cơ quan nhà nước cũng cần được tăng cường thông qua cơ chế thanh tra, kiểm tra, giám sát liên ngành, công khai dữ liệu môi trường và thúc đẩy sự tham gia của cộng đồng trong phản chính sách, phát hiện điểm nóng ô nhiễm vi nhựa và các chất ÔNMN liên quan.

4. KẾT LUẬN

Các chất ÔNMN hiện diện và phân bố trong các nguồn nước khác nhau có tác động độc hại đến môi trường, các sinh vật sống, phá vỡ hoạt động nội tiết tự nhiên và ảnh hưởng đến các hệ sinh thái môi sinh và gây rủi ro tới sức khỏe con người. Sự tương tác giữa vi nhựa, các chất ÔNMN đang trở thành vấn đề đáng quan tâm. Trên cơ sở phân tích thực trạng ô nhiễm vi nhựa và vai trò của chúng trong việc phát tán các chất ô nhiễm mới nổi trong môi trường, nhóm tác giả đề xuất các giải pháp kiểm soát chất ÔNMN - vi nhựa trong môi trường, một cảnh báo về loại hình ô nhiễm mới hiện nay cần được quan tâm trên phương diện đa lĩnh vực, đa ngành nghề, có sự thống nhất phối hợp quản lý nghiêm ngặt trong chiến dịch chống rác thải nhựa, vi nhựa trong môi trường ■

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Gogoi, A., Mazumder, P., Tyagi, V.K., Tushara Chaminda, G.G., An, A.K. and Kumar, M. (2018) Occurrence and fate of emerging contaminants in water environment: A review. *Groundwater for Sustainable Development*, 6, 169-80. <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2017.12.009>.
- Rodriguez-Narvaez, O.M., Peralta-Hernandez, J.M., Goonetilleke, A. and Bandala, E.R. (2017) Treatment technologies for emerging contaminants in water: A review. *Chemical Engineering Journal*, 323, 361-80. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2017.04.106>.
- Parida, V.K., Saidulu, D., Majumder, A., Srivastava, A., Gupta, B. and Gupta, A.K. (2021) Emerging contaminants in wastewater: A critical review on occurrence, existing legislations, risk assessment, and sustainable treatment alternatives. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9, 105966. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.105966>.
- Choi, Y.-Y., Baek, S.-R., Kim, J.-I., Choi, J.-W., Hur, J., Lee, T.-U. et al. (2017) Characteristics and Biodegradability of Wastewater Organic Matter in Municipal Wastewater Treatment Plants Collecting Domestic Wastewater and Industrial Discharge. *Water*, 9, 409. <https://doi.org/10.3390/w9060409>.
- Belhaj, D., Baccar, R., Jaabiri, I., Bouzid, J., Kallel, M., Ayadi, H. et al. (2015) Fate of selected estrogenic hormones in an urban sewage treatment plant in Tunisia (North Africa). *Science of The Total Environment*, 505, 154-60. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.10.018>.
- Jambeck, J.R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T.R., Perryman, M., Andrady, A. et al. (2015) Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, 347, 768-71. <https://doi.org/10.1126/science.1260352>.
- Lebreton, L. and Andrady, A. (2019) Future scenarios of global plastic waste generation and disposal. *Palgrave Communications*, 5, 6. <https://doi.org/10.1057/s41599-018-0212-7>.
- Yu, F., Yang, C., Zhu, Z., Bai, X. and Ma, J. (2019) Adsorption behavior of organic pollutants and metals on micro/nanoplastics in the aquatic environment. *Science of The Total Environment*, 694, 133643. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.133643>.
- Lusher, A.L., Hernandez-Milian, G., O'Brien, J., Berrow, S., O'Connor, I. and Officer, R. (2015) Microplastic and macroplastic ingestion by a deep diving, oceanic cetacean: The True's beaked whale *Mesoplodon mirus*. *Environmental Pollution*, 199, 185-91. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2015.01.023>.
- Martín, J., Santos, J.L., Aparicio, I. and Alonso, E. (2022) Microplastics and associated emerging contaminants in the environment: Analysis, sorption mechanisms and effects of co-exposure. *Trends in Environmental Analytical Chemistry*, 35, e00170. <https://doi.org/10.1016/j.teac.2022.e00170>.
- Kwon, J.-H., Chang, S., Hong, S.H. and Shim, W.J. (2017) Microplastics as a vector of hydrophobic contaminants: Importance of hydrophobic additives: Hydrophobic Organic Contaminants from Microplastics. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 13, 494-9. <https://doi.org/10.1002/ieam.1906>.
- Arienzo, M., Ferrara, L. and Trifuoggi, M. (2021) The Dual Role of Microplastics in Marine Environment: Sink and Vectors of Pollutants. *Journal of Marine Science and Engineering*, 9, 642. <https://doi.org/10.3390/jmse9060642>.
- Amelia, T.S.M., Khalik, W.M.A.W.M., Ong, M.C., Shao, Y.T., Pan, H.-J. and Bhubalan, K. (2021) Marine microplastics as vectors of major ocean pollutants and its hazards to the marine ecosystem and humans. *Progress in Earth and Planetary Science*, 8, 12. <https://doi.org/10.1186/s40645-020-00405-4>.
- Liu, X., Shi, H., Xie, B., Dionysiou, D.D. and Zhao, Y. (2019) Microplastics as Both a Sink and a Source of Bisphenol A in the Marine Environment. *Environmental Science & Technology*, 53, 10188-96. <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b02834>.
- Mato, Y., Isobe, T., Takada, H., Kanehiro, H., Ohtake, C. and Kaminuma, T. (2001) Plastic Resin Pellets as a Transport Medium for Toxic Chemicals in the Marine Environment. *Environmental Science & Technology*, 35, 318-24. <https://doi.org/10.1021/es0010498>.