Đa dạng sinh học biển Việt Nam: hiện trạng, thách thức và giải pháp bảo tồn

Nguyễn Văn Lâm[1,2], Châu Nguyễn Xuân Quang[1], Lương Văn Việt[3], Vũ Mạnh[4], Nguyễn Văn Quý[4*]
[1]*Viện Môi trường và Tài nguyên - Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh*
[2]*Trường Đại học Lâm Nghiệp - Phân hiệu Đồng Nai*
[3]*Trường Đại học Công Nghiệp TP. Hồ Chí Minh*
[4]*Chi nhánh Phía Nam, Trung tâm Nhiệt đới Việt – Nga*

Marine Biodiversity in Vietnam: status, challenges, and conservation solutions

Nguyen Van Lam[1,2], Chau Nguyen Xuan Quang[1], Luong Van Viet[3], Vu Manh[4], Nguyen Van Quy[4*]
[1]*Institute of Environment and Resources – Vietnam National University Ho Chi Minh City*
[2]*Vietnam National University of Forestry – Dong Nai Campus*
[3]*Industrial University of Ho Chi Minh City*
[4]*Southern Branch of Joint Vietnam-Russia Tropical Science and Technology Research Center*
**Corresponding author: quyforest@nwafu.edu.cn*

https://doi.org/10.55250/jo.vnuf.15.1.2026.099-108

Thông tin chung:
Ngày nhận bài: 26/09/2025
Ngày phản biện: 30/10/2025
Ngày quyết định đăng: 03/12/2025

Từ khóa:
Biến đổi khí hậu, ô nhiễm môi trường biển, phát triển bền vững, rạn san hô, rừng ngập mặn.

Keywords:
Climate change, coral reefs, mangrove forests, marine pollution, sustainable development.

TÓM TẮT

Bài báo tổng quan này được thực hiện nhằm phân tích các bằng chứng khoa học về tình trạng suy thoái đa dạng sinh học biển tại Việt Nam, thảo luận các nguyên nhân chính ở quy mô toàn cầu và khu vực, đồng thời đề xuất một khuôn khổ giải pháp tích hợp cho quản lý bền vững. Thông qua phương pháp tổng hợp tài liệu hệ thống từ các cơ sở dữ liệu học thuật quốc tế (Web of Science, Scopus) và trong nước, kết hợp với phân tích các báo cáo hiện trạng, xác định các áp lực chồng chéo lên hệ sinh thái biển Việt Nam. Kết quả cho thấy, bên cạnh các mối đe dọa toàn cầu như ô nhiễm vi nhựa, axit hóa đại dương và khai thác quá mức, các áp lực như mất rừng ngập mặn (giảm 50% diện tích ở Cà Mau) và suy thoái rạn san hô (mất 80% độ phủ tại Nha Trang) đang gây thiệt hại kinh tế ước tính 3-5% GDP hàng năm. Trên cơ sở đó, bài báo thảo luận về một lộ trình chính sách dựa trên ba nội dung: (1) áp dụng các nguyên tắc kinh tế tuần hoàn trong quản lý biển; (2) tích hợp công nghệ 4.0 (vệ tinh, AI) vào giám sát; (3) thúc đẩy mô hình đồng quản lý dựa vào cộng đồng. Bài báo này phát hiện rằng việc chuyển đổi sang mô hình quản trị đa dạng sinh học biển tích hợp và dựa trên công nghệ không chỉ là một lựa chọn chiến lược mà là một yêu cầu cấp thiết để Việt Nam biến thách thức thành cơ hội phát triển bền vững trong kỷ nguyên mới.

ABSTRACT

This review article systematically analyzes scientific evidence on the degradation of marine biodiversity in Vietnam, examining key drivers at both global and regional scales, while proposing an integrated management framework for sustainability. Through a systematic literature review of international (Web of Science, Scopus) and national academic databases, combined with analysis of current status reports, the study identifies overlapping pressures on Vietnam's marine ecosystems. The results reveal that, beyond global threats such as microplastic pollution, ocean acidification, and overexploitation, regional pressures including mangrove forest loss (e.g., a 50% areal reduction in Ca Mau) and coral reef degradation (e.g., 80% coverage loss in Nha Trang) are causing an estimated annual economic loss of 3-5% of GDP. Based on these findings, the article discusses a policy roadmap centered on three pillars: (1) applying circular economy principles to marine management; (2) integrating Industry 4.0 technologies (satellite monitoring, AI) into surveillance systems; (3) promoting community-based co-management models. This review concludes that transitioning to an integrated, technology-driven governance model for marine biodiversity is not merely a strategic option but an urgent necessity for Vietnam to transform challenges into sustainable development opportunities in the new era.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Đa dạng sinh học biển là một phần không thể thiếu của hệ sinh thái toàn cầu, không chỉ bởi đại dương chiếm đến 99% diện tích sinh cảnh trên Trái Đất, mà còn vì biển chứa đựng sự đa dạng vượt trội của các loài động vật và thực vật biển, với hơn 35 ngành động vật biển, nhiều hơn so với các hệ sinh thái trên cạn [1]. Điều này khẳng định vai trò sống còn của biển đối với sự phát triển bền vững của hành tinh và sự tồn tại của nhân loại.

Tuy nhiên, sự biến động của đa dạng sinh học biển đang ngày càng trở nên rõ rệt do nhiều yếu tố tác động, đặc biệt là từ con người. Biến đổi khí hậu, ô nhiễm, khai thác tài nguyên quá mức và sự mất cân bằng sinh thái đã và đang đe dọa đến sự ổn định của các hệ sinh thái biển [2]. Trước thực trạng đó, việc đánh giá sự biến động của đa dạng sinh học biển và các nguyên nhân gốc rễ của vấn đề trở thành một nhiệm vụ cấp thiết không chỉ ở phạm vi toàn cầu mà còn ở các quốc gia có bờ biển dài như Việt Nam.

Nước ta có 3.260 km bờ biển trải dài qua 28 tỉnh, thành phố ven biển, với vùng đặc quyền kinh tế rộng trên 1 triệu km², là quốc gia có hệ sinh thái biển đa dạng và giàu có [3]. Các hệ sinh thái điển hình bao gồm rạn san hô, thảm cỏ biển, rừng ngập mặn, đầm phá, cửa sông, và vùng triều ven bờ, đóng vai trò quan trọng trong duy trì đa dạng sinh học, bảo vệ bờ biển và phát triển sinh kế cộng đồng [3]. Tuy nhiên, các nghiên cứu gần đây cho thấy sự suy giảm rõ rệt về số lượng và chất lượng của các loài thủy sinh, cùng với sự suy thoái của các hệ sinh thái biển quan trọng [4]. Diện tích rừng ngập mặn đã giảm mạnh so với trước năm 1945; nhiều khu vực rạn san hô bị tẩy trắng hoặc chết do ô nhiễm, khai thác quá mức và biến đổi khí hậu [4, 5]. Bài báo tổng quan này sẽ tổng hợp các nghiên cứu trong nước và quốc tế gần đây, nhằm phân tích các vấn đề sau: (i) xu hướng biến động của đa dạng sinh học biển, đặc biệt là tại các khu vực biển của Việt Nam; (ii) các nguyên nhân sâu xa dẫn đến những biến đổi này và ảnh hưởng của chúng đối với hệ sinh thái biển và sinh kế của người dân.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Bài báo sử dụng phương pháp tổng quan tài liệu hệ thống đã được sử dụng để thu thập, đánh giá và tổng hợp các nghiên cứu về tình trạng và yếu tố ảnh hưởng đến đa dạng sinh học biển tại Việt Nam. Quy trình nghiên cứu gồm ba bước chính để đảm bảo tính chính xác và khách quan. Bước đầu tiên là xác định tài liệu thông qua các cơ sở dữ liệu quốc tế uy tín như Web of Science và Scopus, cùng với các nguồn tài liệu trong nước. Từ khóa tìm kiếm bao gồm cả tiếng Anh và tiếng Việt, như "marine biodiversity – đa dạng sinh học biển", "coral reef degradation - sự suy thoái của rạn san hô", và "mangrove loss - mất rừng ngập mặn". Các tài liệu được chọn từ năm 2000 đến 2024 để đảm bảo tính cập nhật. Tiếp theo, các tài liệu được chọn lọc và đánh giá dựa trên các tiêu chí nghiêm ngặt về tính phù hợp và chất lượng. Sau quá trình chọn lọc, 1885 tài liệu đạt yêu cầu được chọn để phân tích. Cuối cùng, các tài liệu được phân tích và tổng hợp theo ba chủ đề chính: (i) hiện trạng đa dạng sinh học biển và tác động đến Việt Nam; (ii) các yếu tố ảnh hưởng đến đa dạng sinh học biển; (iii) chất gây rối loạn nội tiết và đa dạng sinh học biển.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Hiện trạng đa dạng sinh học biển và tác động đến Việt Nam

Đa dạng sinh học biển là khái niệm chỉ sự phong phú của các sinh vật sống trong môi trường biển, bao gồm cả các hệ sinh thái mà chúng tạo ra, từ các rạn san hô đến các hệ sinh thái vùng nước sâu [6]. Mặc dù trong quá trình khám phá đại dương, con người đã nhận thức được tầm quan trọng của đa dạng sinh học biển, nhưng dưới tác động của cả yếu tố tự nhiên và hoạt động của con người, đa dạng sinh học biển

đang đối mặt với nhiều thách thức nghiêm trọng.

Nghiên cứu từ các vùng biển ôn đới và nhiệt đới cho thấy mật độ loài cá tại bốn khu vực đã giảm đến 19% so với mức trước năm 1992 và tiếp tục suy giảm, đặc biệt là Cá tầng đáy, trong khi Cá tầng giữa lại có xu hướng ổn định hoặc tăng mạnh [7]. Một hiện tượng đáng chú ý là sự suy giảm mạnh của các loài động vật có vú biển, với 23% loài đang đứng trước nguy cơ tuyệt chủng [8]. Các loài chân vây (pinnipeds) tại các vùng nhiệt đới và ôn đới bị suy giảm nghiêm trọng, trong khi một số loài vùng cực, như cá voi tấm sừng hàm, có dấu hiệu phục hồi [9]. Những nguyên nhân chính dẫn đến tình trạng này bao gồm: khai thác thủy sản quá mức, biến đổi khí hậu làm thay đổi dòng hải lưu, ô nhiễm môi trường biển và sự phá hủy các hệ sinh thái ven bờ.

Tại Việt Nam, biển Đông đóng vai trò quan trọng không chỉ về kinh tế mà còn về đa dạng sinh học biển. Tuy nhiên, tình trạng khai thác thủy sản quá mức, đặc biệt là nạn đánh bắt cá không bền vững, đã dẫn đến sự suy giảm nhanh chóng của các loài thủy sinh, ảnh hưởng lớn đến cân bằng sinh thái [10, 11]. Các vùng biển ven bờ, nơi sinh sống của nhiều loài sinh vật biển quý hiếm, cũng đang bị đe dọa nghiêm trọng bởi ô nhiễm từ các hoạt động công nghiệp, chất thải nhựa và khai thác cát biển. Điều này không chỉ ảnh hưởng đến các loài động vật biển mà còn làm suy giảm nguồn lợi thủy sản, một trong những nguồn thực phẩm chính của người dân Việt Nam.

Đặc biệt, biến đổi khí hậu đang thay đổi môi trường sống của các loài thủy sinh, làm tăng nguy cơ mất cân bằng sinh thái biển. Sự thay đổi của dòng hải lưu, mực nước biển dâng và sự xâm nhập của nước mặn vào đất liền gây ảnh hưởng đến các hệ sinh thái ven bờ như rừng ngập mặn, rạn san hô và các vịnh biển [12].

Sự suy giảm đa dạng sinh học biển không chỉ ảnh hưởng đến hệ sinh thái mà còn đe dọa đến an ninh lương thực và nguồn tài nguyên biển bền vững. Hơn nữa, nó còn ảnh hưởng trực tiếp đến ngành du lịch biển, ngư nghiệp và các ngành công nghiệp liên quan tại Việt Nam. Do đó, việc bảo vệ và phục hồi đa dạng sinh học biển không chỉ là nhiệm vụ cấp bách trong nước mà còn là một phần của cam kết của Việt Nam trong việc bảo vệ môi trường toàn cầu.

3.2. Các yếu tố ảnh hưởng đến đa dạng sinh học biển

Đa dạng sinh học biển đang chịu sự tác động của nhiều yếu tố khác nhau, trong đó các yếu tố chủ yếu bao gồm ô nhiễm môi trường biển, biến đổi khí hậu, sự xâm lấn sinh học của các loài ngoại lai, suy thoái môi trường sống và khai thác biển quá mức của con người.

3.2.1. Ô nhiễm môi trường biển

Ô nhiễm môi trường biển là một trong những nguyên nhân chính gây suy giảm đa dạng sinh học biển [13]. Các chất gây ô nhiễm biển chủ yếu bao gồm thuốc trừ sâu, dầu mỏ và các sản phẩm từ dầu, kim loại nặng, chất hữu cơ, muối dinh dưỡng và chất thải rắn. Những chất này đang gia tăng với tốc độ đáng báo động và gây ra hàng loạt hậu quả nghiêm trọng đối với hệ sinh thái biển, như làm chết hàng loạt sinh vật, gây hiện tượng phú dưỡng cục bộ dẫn đến mất cân bằng sinh thái.

Đặc biệt, ở nước ta, tình trạng ô nhiễm biển ngày càng trở nên nghiêm trọng [14]. Các khu vực ven biển, đặc biệt là trong các vùng biển gần các đô thị lớn hoặc khu công nghiệp, thường xuyên phải đối mặt với ô nhiễm từ chất thải công nghiệp và sinh hoạt. Một trong những vấn đề nổi bật là ô nhiễm nhựa. Mảnh nhựa, bao gồm cả bao bì và các vật dụng tiêu dùng, đang là nguyên nhân khiến các loài sinh vật biển, đặc biệt là chim biển, chết do mắc phải nhựa làm tắc nghẽn hệ tiêu hóa. Điều này không chỉ gây ra cái chết cho các loài động vật mà còn ảnh hưởng đến sự ổn định của các chuỗi thức ăn trong hệ sinh thái biển.

Ngoài ra, các chất ô nhiễm như thủy ngân và thuốc trừ sâu cũng đang ảnh hưởng nghiêm trọng đến các sinh vật biển [14]. Thủy ngân, một kim loại nặng, có thể tích tụ trong các cơ thể sinh vật biển và đi vào chuỗi thức ăn, gây độc cho các loài động vật và con người. Tình trạng ô nhiễm này không chỉ giới hạn ở các khu vực ven biển mà còn có dấu hiệu lan rộng ra các vùng biển sâu. Các nghiên cứu gần đây đã phát hiện dấu vết của các chất ô nhiễm tồn lưu trong trầm tích và cơ thể sinh vật ở những khu vực biển gần bờ, chứng tỏ sự lan truyền của ô nhiễm trong hệ sinh thái biển là rất nghiêm trọng và cần được giải quyết kịp thời [15].

Mặc dù Chính phủ Việt Nam và các Bộ, ngành đã có những nỗ lực để giảm thiểu ô nhiễm biển, nhưng tình hình vẫn còn nhiều thách thức [16]. Thực trạng đã chỉ ra rằng, cần nâng cao ý thức cộng đồng về việc giảm thiểu sử dụng nhựa và tăng cường các biện pháp xử lý chất thải tại các khu vực ven biển. Đồng thời, việc cải thiện các quy định về bảo vệ môi trường biển và thực thi nghiêm ngặt các biện pháp bảo vệ môi trường cần được ưu tiên hàng đầu để bảo vệ đa dạng sinh học biển.

3.2.2. Biến đổi khí hậu

Biến đổi khí hậu trực tiếp gây ra hàng loạt vấn đề: nóng lên ở đại dương, axit hóa nước biển, mực nước biển dâng và gia tăng cường độ xuất hiện các cơn bão mạnh - tất cả đều tác động nghiêm trọng đến đa dạng sinh học biển [17].

Nhiệt độ nước biển

Sự ấm lên ở đại dương là một trong những biểu hiện của biến đổi khí hậu toàn cầu, gây ra những thay đổi cấu trúc, phân bố và động thái quần thể sinh vật biển. Theo các nghiên cứu, trong 40 năm qua, đại dương đã hấp thụ đến 84% lượng nhiệt từ hệ thống khí hậu [14, 18]. Từ năm 1961-2003, nhiệt độ trung bình ở các tầng nước biển từ 0-700 m đã tăng khoảng 0,1°C mỗi thập kỷ [19]. Phân tích hóa thạch cho thấy hiện tượng ấm lên ở đại dương có mối quan hệ chặt chẽ giữa biến động nhiệt độ và sự thay đổi về đa dạng sinh học trong các hệ sinh thái biển. Một ví dụ điển hình là các sự kiện hàng loạt sinh vật đáy chết ở Tây Bắc Địa Trung Hải vào năm 1999 và 2003, nguyên nhân chính được xác định là do sự gia tăng nhiệt độ bất thường của nước biển tầng nông [20].

Ở nước ta, mặc dù chưa xảy ra những sự kiện chết sinh vật hàng loạt giống như ở Tây Bắc Địa Trung Hải, nhưng biến đổi khí hậu và sự ấm lên ở đại dương đang tác động mạnh mẽ đến hệ sinh thái biển. Các hiện tượng như sự di cư của các loài sinh vật biển, thay đổi yếu tố mùa vụ và sự suy giảm số lượng của các loài hải sản quý hiếm, đặc biệt là các loài san hô, đã trở nên rõ rệt. Điều này không chỉ ảnh hưởng đến sự đa dạng sinh học mà còn gây ra những tác động tiêu cực đối với ngành thủy sản, một ngành kinh tế quan trọng của Việt Nam. Việc bảo vệ hệ sinh thái biển, giảm thiểu các tác động tiêu cực từ biến đổi khí hậu và tăng cường công tác nghiên cứu khoa học về tình trạng nóng lên đại dương sẽ là những yếu tố quan trọng trong việc đảm bảo phát triển bền vững cho đất nước.

Axit hóa nước biển

Axit hóa nước biển là hiện tượng xảy ra khi đại dương hấp thụ lượng CO_2 dư thừa từ khí quyển, làm giảm độ pH của nước biển [21]. Mỗi năm, đại dương hấp thụ khoảng 1/3 lượng CO_2 mà con người thải ra, gây nên sự suy giảm độ pH của nước biển [22]. Kể từ Cách mạng Công nghiệp, độ pH của nước biển bề mặt đã giảm 0,1 đơn vị và dự báo đến năm 2100, độ pH này sẽ tiếp tục giảm thêm từ 0,4-0,5 đơn vị [23]. Hậu quả trực tiếp của hiện tượng này là làm suy giảm khả năng hấp thụ canxi của các sinh vật biển, đặc biệt là các loài san hô, vốn có nhu cầu canxi cao để duy trì cấu trúc vỏ và sự phát triển.

Axit hóa nước biển ở Việt Nam đang trở thành một mối đe dọa nghiêm trọng đối với các hệ sinh thái biển, đặc biệt là các rạn san hô ở khu vực biển miền Trung và Nam Bộ, nơi có hệ

sinh thái san hô phát triển mạnh [1]. Các nghiên cứu cho thấy rằng quá trình axit hóa nước biển đã làm suy yếu các rạn san hô, dẫn đến sự mất mát lớn về đa dạng sinh học biển [24]. Điều này không chỉ ảnh hưởng đến hệ sinh thái mà còn tác động trực tiếp đến ngành du lịch và nghề cá, hai ngành kinh tế quan trọng của Việt Nam. Bởi vì các rạn san hô đóng vai trò là nơi trú ẩn cho nhiều loài thủy sinh và là cơ sở sinh sống của hàng nghìn loài sinh vật biển khác.

Để giảm thiểu tác động của axit hóa nước biển, Việt Nam cần tăng cường các nỗ lực bảo vệ môi trường biển, bảo tồn các rạn san hô, đồng thời thực hiện các biện pháp giảm phát thải CO_2 [21]. Ngoài ra, việc nghiên cứu và theo dõi tình trạng axit hóa nước biển, cùng với các chiến lược phục hồi các rạn san hô, sẽ đóng vai trò quan trọng trong việc bảo vệ đa dạng sinh học biển và phát triển bền vững các ngành kinh tế biển của đất nước.

Mực nước biển dâng

Theo báo cáo của IPCC, trong thế kỷ 20, mực nước biển đã dâng lên từ 10-20 cm do sự gia tăng nhiệt độ toàn cầu [25]. Dự báo đến năm 2100, mực nước biển có thể dâng thêm từ 9-88 cm so với mức năm 1990, chủ yếu do băng tan và hiện tượng giãn nở nhiệt. Sự gia tăng này đe dọa nhấn chìm nhiều vùng đất ven biển, khiến thực vật phải di cư và làm mất đi các vùng đất ngập nước, đồng thời đẩy nhiều loài sinh vật vào tình trạng nguy cấp hoặc tuyệt chủng.

Tại Việt Nam, mực nước biển dâng được xác định là một thách thức lớn đối với các khu vực ven biển, đặc biệt là khu vực Đồng bằng sông Cửu Long và các tỉnh duyên hải miền Trung [26]. Những khu vực này đang phải đối mặt với tình trạng ngập mặn ngày càng gia tăng, làm ảnh hưởng đến đời sống của người dân và ngành nông nghiệp. Việc mực nước biển dâng còn khiến các vùng đất ngập nước, vốn là nơi sinh sống của nhiều loài động thực vật quý hiếm, bị thu hẹp diện tích môi trường sống nghiêm trọng. Điều này không chỉ ảnh hưởng đến hệ sinh thái mà còn đe dọa đến các hoạt động kinh tế như nuôi trồng thủy sản và du lịch.

Để ứng phó với mực nước biển dâng, Việt Nam cần có các biện pháp như tăng cường bảo vệ và nâng cấp hệ thống đê biển, khôi phục các vùng đất ngập nước và xây dựng các kế hoạch di dân và chuyển đổi sản xuất hợp lý cho những khu vực bị đe dọa. Đồng thời, việc giảm thiểu phát thải khí nhà kính và thúc đẩy các nghiên cứu về biến đổi khí hậu sẽ đóng vai trò quan trọng trong việc hạn chế mức độ tác động của mực nước biển dâng.

3.2.3. Sự xâm lấn của loài ngoại lai

Sự xâm lấn của loài ngoại lai là quá trình khi một loài sinh vật di chuyển đến khu vực mà trước đây không phân bố loài đó và thiết lập quần thể mới. Sự xuất hiện của các loài ngoại lai thường gây ra những thay đổi lớn trong cấu trúc và chức năng của hệ sinh thái bản địa [10]. Hiện tượng này phổ biến ở các vùng biển vĩ độ cao và vùng biển nửa kín, thậm chí đã được ghi nhận ở các vùng biển sâu. Dưới tác động của biến đổi khí hậu và sự ấm lên của nước biển, nhiều loài sinh vật đang di cư về phía các vùng cực, gây xáo trộn trong hệ sinh thái. Một ví dụ điển hình là tại Địa Trung Hải, các nhà khoa học đã ghi nhận sự xuất hiện của hơn 600 loài ngoại lai, trong đó có 116 loài cá và con số này có thể vượt quá 1.000 loài nếu tính cả các loài đơn bào và trùng lỗ [27]. Sự xâm lấn của các loài này đang đe dọa nghiêm trọng đến đa dạng sinh học bản địa, làm mất cân bằng hệ sinh thái và gây khó khăn trong việc bảo vệ các loài bản địa.

Tại Việt Nam, sự xâm lấn của các loài ngoại lai cũng đang trở thành vấn đề nghiêm trọng, đặc biệt là ở các khu vực biển nông và ven biển [10]. Các loài sinh vật ngoại lai như các loài tôm, cá và thực vật thủy sinh, được du nhập do hoạt động thương mại hoặc do biến đổi khí hậu, đang dần chiếm lĩnh các hệ sinh thái tự nhiên, gây thiệt hại cho các loài bản địa và ảnh hưởng

đến sinh kế của người dân phụ thuộc vào nghề cá và nông nghiệp thủy sản.

Để giảm thiểu tác động của các loài xâm lấn ngoại lai, Chính phủ Việt Nam cần có các biện pháp kiểm soát chặt chẽ việc nhập khẩu các loài sinh vật, đồng thời tăng cường nghiên cứu về ảnh hưởng của các loài ngoại lai đối với hệ sinh thái và các biện pháp can thiệp kịp thời khi cần thiết. Ngoài ra, việc giáo dục cộng đồng về tác hại của việc loài ngoại lai xâm lấn và khuyến khích các biện pháp bảo vệ các loài bản địa là rất cần thiết để duy trì sự cân bằng sinh thái.

3.2.4. Khai thác quá mức

Hoạt động khai thác và đánh bắt quá mức của con người đã và đang gây tác động nghiêm trọng đến môi trường sống của sinh vật biển. Nhiều loài từng rất phong phú, như cá tuyết Đại Tây Dương, cá ngừ vây xanh và các loài cá mập lớn ở Địa Trung Hải và Bắc Đại Tây Dương, hiện nay đã bị đe dọa tuyệt chủng [28]. Mặc dù tình hình tại khu vực Thái Bình Dương có phần khả quan hơn, nhưng tình trạng khai thác quá mức vẫn rất nghiêm trọng ở một số vùng, đặc biệt là Tây Bắc Thái Bình Dương, khiến nhiều loài như cá ngừ, cá mập và cá tuyết ở vùng biển phía Đông Bering đối mặt với nguy cơ tuyệt chủng.

Tại Việt Nam, khai thác thủy sản quá mức cũng đang là một vấn đề đáng lo ngại. Các hoạt động đánh bắt cá, đặc biệt là cá ngừ và các loài hải sản quý hiếm, đang bị đẩy đến mức báo động. Nhiều ngư dân, do nhu cầu sinh kế và thiếu sự quản lý, đã sử dụng các phương tiện đánh bắt không bền vững, làm giảm dần nguồn lợi thủy sản. Điều này không chỉ ảnh hưởng đến hệ sinh thái biển mà còn gây thiệt hại lớn cho nền kinh tế thủy sản của nước ta [29].

Để giải quyết vấn đề khai thác quá mức, Việt Nam cần có các biện pháp quản lý chặt chẽ hơn về hoạt động khai thác thủy sản, tăng cường các quy định về bảo vệ nguồn lợi biển và phát triển các mô hình đánh bắt bền vững. Đồng thời, việc giáo dục cộng đồng và nâng cao nhận thức về bảo vệ tài nguyên biển cũng đóng vai trò quan trọng trong việc giảm thiểu tác động của khai thác quá mức và bảo vệ sự đa dạng sinh học biển.

3.2.5. Suy thoái môi trường sống

Sự suy thoái và thu hẹp môi trường sống là một trong những yếu tố chính đe dọa đa dạng sinh học biển [30]. Các hoạt động phát triển ven biển, như xây dựng cơ sở hạ tầng du lịch, khu công nghiệp và việc đổ đất cát lấn biển, đang làm thu hẹp môi trường sống của nhiều loài sinh vật biển quan trọng, như rêu biển, động vật da gai và bọt biển. Những môi trường sống thiết yếu này bị suy giảm không chỉ tác động trực tiếp đến các loài sinh vật mà còn làm mất đi các chức năng quan trọng của hệ sinh thái biển, như bảo vệ bờ biển và duy trì chất lượng nước.

Tại Việt Nam, tình trạng suy thoái môi trường sống biển đang ngày càng nghiêm trọng, đặc biệt ở các vùng ven biển [31]. Hoạt động khai thác đất, cát và sự phát triển đô thị hóa không kiểm soát đang làm giảm diện tích các khu rừng ngập mặn, rạn san hô và các hệ sinh thái thủy sinh ven biển khác, vốn là nơi sinh sống của nhiều loài đặc hữu. Mất đi những môi trường sống này không chỉ làm suy giảm đa dạng sinh học mà còn ảnh hưởng trực tiếp đến nguồn lợi thủy sản và sinh kế của hàng triệu ngư dân.

Để giải quyết vấn đề này, Chính phủ Việt Nam cần tăng cường các biện pháp bảo vệ môi trường sống biển, đặc biệt là các khu vực ven biển và rừng ngập mặn. Các quy định về bảo vệ và phục hồi hệ sinh thái ven biển cần được thực thi nghiêm ngặt, đồng thời phát triển các mô hình phát triển bền vững, kết hợp giữa bảo vệ môi trường và phát triển kinh tế. Ngoài ra, việc nâng cao nhận thức cộng đồng về tầm quan trọng của bảo vệ môi trường sống biển là rất cần thiết để đảm bảo sự phát triển lâu dài và bền vững cho ngành thủy sản và bảo vệ đa dạng sinh học biển.

3.3. Chất gây rối loạn nội tiết và đa dạng sinh học biển

Các chất gây rối loạn nội tiết (Endocrine disrupting chemicals - EDCs) là nhóm chất ô nhiễm môi trường có khả năng can thiệp vào chức năng nội tiết của sinh vật, ảnh hưởng nghiêm trọng đến sức khỏe và sự phát triển của chúng [32]. EDCs hiện nay đã xuất hiện rộng rãi trong thực phẩm, dược phẩm, hàng tiêu dùng và môi trường sống, gây ảnh hưởng không chỉ đến hệ sinh sản, miễn dịch và thần kinh của con người mà còn có tác động tiêu cực đến động vật hoang dã và hệ sinh thái biển. Bài tổng quan này phân tích ảnh hưởng của EDCs đối với sinh vật biển và đa dạng sinh học biển, đồng thời liên hệ đến tình hình tại Việt Nam.

3.3.1. Tác hại của EDCs đối với sinh vật biển

EDCs được xác định là nguyên nhân chính gây ra những tác động bất lợi đến hệ thống sinh sản và quá trình phát triển của các loài sinh vật biển [33]. Cụ thể, Tributyltin (TBT) là một hợp chất từng được sử dụng rộng rãi trong sơn chống bám cho tàu thuyền và các công trình biển, đã được chứng minh là gây rối loạn chức năng sinh sản nghiêm trọng ở nhiều loài nhuyễn thể và cá, dẫn đến hiện tượng giảm sức sinh sản quần thể [34]. Song song đó, các Hydrocarbon thơm đa vòng (PAHs), phát thải từ các hoạt động công nghiệp và đốt nhiên liệu hóa thạch, đã được ghi nhận có khả năng ức chế sự phát triển của tế bào trứng ở một số loài cá, điển hình như cá mú Đại Tây Dương (*Epinephelus morio*), làm suy giảm nghiêm trọng khả năng sinh sản của chúng [35]. Bên cạnh các tác động trực tiếp đến sinh sản, EDCs còn gây ra những hậu quả sâu sắc ở cấp độ quần thể và di truyền [36]. Nhiều nghiên cứu đã ghi nhận hiện tượng đảo ngược giới tính, một biểu hiện của sự rối loạn nội tiết tố, ở các loài như rùa biển và gấu Bắc Cực, đe dọa trực tiếp đến cấu trúc giới tính và sự ổn định lâu dài của quần thể. Ở cấp độ tế bào, bằng chứng mới đây trên loài sò điệp cho thấy EDCs có khả năng gây tổn thương DNA trong các tế bào sinh dục, làm dấy lên lo ngại về những hệ lụy di truyền có thể truyền sang các thế hệ tương lai, làm trầm trọng thêm nguy cơ tuyệt chủng. Tại Việt Nam, tình trạng ô nhiễm EDCs trong môi trường biển đang gia tăng đáng báo động, chủ yếu bắt nguồn từ các hoạt động công nghiệp, nông nghiệp và đô thị hóa thiếu kiểm soát dọc theo vùng ven biển [22]. Áp lực ô nhiễm này đã và đang gây ra những rối loạn sinh lý, sinh sản cho các loài thủy hải sản quan trọng như cá và nhuyễn thể, đồng thời đe dọa nghiêm trọng đến sự toàn vẹn và đa dạng của các hệ sinh thái biển. Do đó, việc thiết lập một hệ thống quản lý và giám sát môi trường chặt chẽ, đi kèm với các chương trình nghiên cứu chuyên sâu để đánh giá chính xác mức độ ô nhiễm EDCs, là yếu tố then chốt nhằm đưa ra các chiến lược can thiệp kịp thời, góp phần bảo vệ bền vững đa dạng sinh học biển của quốc gia.

3.3.2. Ảnh hưởng của EDCs đến đa dạng sinh học biển tại Việt Nam

Theo nhiều báo cáo, EDCs đang đe dọa nghiêm trọng đến đa dạng sinh học biển tại các vùng ven bờ của Việt Nam, nơi các hệ sinh thái vốn đã chịu áp lực ngày càng gia tăng từ các nguồn ô nhiễm có nguồn gốc từ hoạt động của con người [29, 37, 38]. Tác động của EDCs thể hiện rõ ở quy mô quần thể thông qua nhiều cơ chế. Thứ nhất, sự suy giảm quần thể xảy ra khi các nguồn gen của nhiều loài thủy sản có giá trị, bao gồm một số loài cá bản địa, bị ảnh hưởng do sự xâm nhập và tích lũy lâu dài của EDCs trong suốt nhiều thập kỷ, dẫn đến những tổn thất đáng kể về đa dạng sinh học và đe dọa an sinh xã hội của các cộng đồng phụ thuộc vào nguồn lợi biển. Thứ hai, độc tính ở cấp độ tế bào và di truyền, điển hình như khả năng gây đột biến nhiễm sắc thể của tributyltin oxide (TBTO), làm tăng tỷ lệ suy giảm quần thể và nguy cơ tuyệt chủng của các loài sinh vật biển.

Thứ ba, EDCs gây ra những thay đổi trong cấu trúc quần thể. Ví dụ, nghiên cứu của Raimondo và cộng sự đã chứng minh rằng các hợp chất này làm tăng tính biến động giữa các cá thể, từ đó làm giảm khả năng phục hồi của quần thể trước các yếu tố stress môi trường, một hiện tượng được quan sát thấy ở quần thể cá chẽm đỏ (*Lutjanus campechanus*) tại các vùng biển ô nhiễm của Việt Nam. Cuối cùng, thông qua cơ chế tích lũy sinh học và khuếch đại sinh học trong chuỗi thức ăn, EDCs tạo ra tác động dây chuyền, gây rối loạn không chỉ đến các loài ở bậc dinh dưỡng thấp mà còn ảnh hưởng mạnh mẽ đến các loài ăn thịt đầu bảng, dẫn đến sự mất cân bằng toàn diện trong cấu trúc hệ sinh thái.

Bằng chứng thực tế tại Việt Nam đã cung cấp những minh chứng rõ rệt cho những tác động này. Chẳng hạn, sản lượng khai thác cá ven bờ tại các khu vực như Vũng Tàu và Cà Mau đã ghi nhận mức sụt giảm lên đến 40%, nguyên nhân chính được cho là do ô nhiễm EDCs, gây thiệt hại nặng nề cho ngành thủy sản địa phương [39]. Song song đó, các nghiên cứu tại vịnh Hạ Long và vùng biển Nha Trang báo cáo tỷ lệ dị tật bẩm sinh ở sinh vật biển đã tăng từ 15% lên 20% trong những năm gần đây, phản ánh sự suy giảm chất lượng môi trường sống và tạo ra rủi ro đối với sự phát triển bền vững của các ngành kinh tế biển như du lịch [38, 40]. Hơn nữa, sự tiếp xúc mãn tính với EDCs ở các vùng biển gần bờ đã dẫn đến sự sụt giảm ước tính khoảng 30% tuổi thọ trung bình của nhiều loài cá, làm trầm trọng thêm tình trạng cạn kiệt nguồn lợi thủy sản và để lại những hậu quả lâu dài lên sự ổn định của hệ sinh thái.

Để đối phó với những thách thức này, một chương trình hành động tổng hợp là hết sức cần thiết. Trọng tâm bao gồm việc thiết lập một hệ thống giám sát môi trường biển toàn diện nhằm theo dõi định kỳ nồng độ EDCs, đặc biệt tại các điểm nóng về ô nhiễm ven biển. Đồng thời, các biện pháp kiểm soát ô nhiễm tại nguồn phải được tăng cường, bao gồm việc thực thi các quy định nghiêm ngặt về xử lý nước thải công nghiệp và nông nghiệp, cũng như thúc đẩy các chiến dịch nâng cao nhận thức của cộng đồng về quản lý chất thải. Việc áp dụng các công nghệ xử lý tiên tiến và thúc đẩy các nghiên cứu đánh giá rủi ro sinh thái cụ thể sẽ là nền tảng cho các chiến lược giảm thiểu ô nhiễm hiệu quả, nhằm bảo vệ sự đa dạng sinh học biển cho các thế hệ tương lai.

4. KẾT LUẬN

Qua quá trình phân tích, bài báo tổng quan này khẳng định rằng đa dạng sinh học biển đang phải đối mặt với những thách thức nghiêm trọng do tác động tổng hợp từ nhiều yếu tố. Trong số các yếu tố đó, ô nhiễm môi trường biển, biến đổi khí hậu, sự phát triển của loài xâm lấn, khai thác quá mức và các yếu tố tác động từ con người đang làm suy giảm nhanh chóng các hệ sinh thái biển. Các con số về sự suy giảm quần thể sinh vật biển, sự rối loạn trong hệ thống sinh sản của các loài cá kinh tế, hay sự cạn kiệt tài nguyên hải sản là bằng chứng không thể phủ nhận, cho thấy mức độ nghiêm trọng mà Việt Nam và các quốc gia khác đang đối mặt.

Để bảo vệ và phục hồi đa dạng sinh học biển, Việt Nam cần phải có những giải pháp đồng bộ và toàn diện. Những chiến lược như xây dựng hệ thống giám sát đa tầng; áp dụng công nghệ AI trong dự báo và cảnh báo sớm; thiết lập các khu bảo tồn biển rộng lớn và phát triển kinh tế xanh là các hướng đi thiết yếu. Đồng thời, việc tăng cường hợp tác quốc tế và phát triển các mô hình bảo tồn dựa vào cộng đồng cũng là chìa khóa để bảo vệ tài nguyên biển lâu dài. Đối với nước ta, một quốc gia có bờ biển dài và tiềm năng sinh thái biển phong phú, việc thực hiện các giải pháp này không chỉ góp phần bảo vệ môi trường mà còn thúc đẩy phát triển bền vững ngành du lịch biển, nghề cá và

các ngành kinh tế biển khác. Chính phủ Việt Nam, các Bộ, ngành và các tổ chức chính quyền địa phương cần phối hợp chặt chẽ trong công tác nghiên cứu, quản lý tài nguyên biển, đồng thời nâng cao nhận thức cộng đồng về tầm quan trọng của việc bảo vệ đa dạng sinh học biển. Việt Nam cần hành động ngay từ bây giờ, không chỉ vì lợi ích của môi trường mà còn vì sự phát triển bền vững của quốc gia và tương lai của các thế hệ mai sau. Bảo vệ đa dạng sinh học biển Việt Nam là trách nhiệm chung của toàn xã hội, từ Chính phủ đến cộng đồng và mỗi cá nhân người Việt Nam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Nguyễn Chu Hồi (2016). Môi trường Biển Đông và nhu cầu giải pháp xanh. Tuyển tập nghiên cứu biển. 22: 163 - 171.

[2]. Rashed Ahmed & Md Tanzimur Rahman Tamim (2025). Marine and Coastal Environments: Challenges, Impacts, and Strategies for a Sustainable Future. International Journal of Science Education and Science. 2(1): 53-60.

[3]. Võ Sĩ Tuấn (2016). Bảo tồn đa dạng sinh học biển nhằm phát triển kinh tế xanh ở tỉnh Khánh Hòa, Việt Nam. Tuyển Tập Nghiên Cứu Biển. 22: 172 - 179.

[4]. Do Cong Thung (2022). Research Results of Marine Biodiversity and Biological Resources in Vietnam: Current Status, Threats, Proposed Solutions for Sustainable Use. Vietnam J. Mar. Sci. Technol. 22(1): 1-20.

[5]. Trần Đức Thạnh (2007). Những vấn đề môi trường ven biển nổi bật ở Việt Nam và định hướng bảo vệ. Trong: "Vai trò của hệ sinh thái rừng ngập mặn và rạn san hô trong việc giảm nhẹ thiên tai và cải thiện cuộc sống ở vùng ven biển". NXB Nông nghiệp Hà Nội: 119-134.

[6]. Hoàng Xuân Bền, Nguyễn Văn Long, Hứa Thái Tuyến, Phan Kim Hoàng & Thái Minh Quang (2018). Đa dạng sinh học và đặc điểm quần xã sinh vật rạn san hô ở Khu bảo tồn biển Lý Sơn, Quảng Ngãi. Tạp chí Khoa học và Công nghệ biển. 18(2): 150-160.

[7]. G Bianchi, Henrik Gislason, K Graham, L Hill, X Jin, K Koranteng, S Manickchand-Heileman, I Payá, K Sainsbury & F Sanchez (2000). Impact of fishing on size composition and diversity of demersal fish communities. ICES Journal of marine Science. 57(3): 558-571.

[8]. Ana D Davidson, Alison G Boyer, Hwahwan Kim, Sandra Pompa-Mansilla, Marcus J Hamilton, Daniel P Costa, Gerardo Ceballos & James H Brown (2012). Drivers and hotspots of extinction risk in marine mammals. Proceedings of the National Academy of Sciences. 109(9): 3395-3400.

[9]. Kit M Kovacs, Alex Aguilar, David Aurioles, Vladimir Burkanov, Claudio Campagna, Nick Gales, Tom Gelatt, Simon D Goldsworthy, Simon J Goodman & Greg JG Hofmeyr (2012). Global threats to pinnipeds. Marine Mammal Science. 28(2): 414-436.

[10]. Trần Trọng Anh Tuấn & Tạ Thị Kiều Anh (2017). Phân tích các quy trình đánh giá nguy cơ xâm hại của sinh vật ngoại lai trên thế giới và đề xuất áp dụng ở Việt Nam. Bản B của Tạp chí Khoa học và Công nghệ Việt Nam. 59(5): 27-33.

[11]. Vu Duyen Hai (2018). Fisheries Planning and Management in Vietnam: an explanation of ineffectiveness. Aalborg Universitetsforlag.

[12]. Victor S Kennedy, Robert R Twilley, Joan A Kleypas, James H Cowan Jr & Steven R Hare (2002). Coastal and marine ecosystems and global climate change: Potential effects on US resources. Prepared for the Pew Centre on Global Climate Change.

[13]. Odangowei Inetiminebi Ogidi & Udeme Monday Akpan (2022). Aquatic biodiversity loss: impacts of pollution and anthropogenic activities and strategies for conservation. Biodiversity in Africa: potentials, threats and conservation. Springer. 421-448.

[14]. Phùng Thị Thanh Tú, Viên Chinh Chiến, Nguyễn Thị Ngọc Huệ, Nguyễn Hữu Huân, Nguyễn Tác An & Trương Tấn Minh (2007). Đánh giá tình trạng ô nhiễm bờ biển các tỉnh nam Trung bộ và đề xuất giải pháp can thiệp (2004-2006). Tạp chí Y học thực hành. 558: 141-146.

[15]. Bùi Hồng Diễm, Trương Thông, Lê Thị Ngọc Mai, Lê Quốc Thắng, Phạm Thị Trang Vân & Bùi Lai (2016). Đánh giá diễn biến môi trường và công tác bảo vệ môi trường tại các mỏ Dầu khí thuộc bể Cửu Long. Tạp chí Dầu khí. 11: 55-66.

[16]. Lương Thị Kim Dung, Nguyễn Bùi Hưng & Nguyễn Viết Hà (2021). Hoàn thiện pháp luật về phòng ngừa ô nhiễm biển do rác thải nhựa ở Việt Nam. Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải. 67: 128-134.

[17]. Nguyễn Xuân Cường & Nguyễn Thu Hà (2022). Giải pháp bảo đảm an ninh môi trường biển Việt Nam. Khoa học xã hội Việt Nam. 3: 54-62.

[18]. David W Pierce, Tim P Barnett & Peter J Gleckler (2011). Ocean circulations, heat budgets, and future commitment to climate chan ge. Annual Review of Environment and Resources. 36(1): 27-43.

[19]. Nathaniel L Bindoff, Jürgen Willebrand, Vincenzo Artale, Anny Cazenave, Jonathan M Gregory, Sergey Gulev, Kimio Hanawa, Corinne Le Quere, Sydney Levitus & Yukihiro Nojiri (2007). Observations: oceanic climate change and sea level. Climate Change 2007: The Physical Science.

[20]. Irene Rivetti, Simonetta Fraschetti, Piero Lionello, Enrico Zambianchi & Ferdinando Boero (2014). Global warming and mass mortalities of benthic invertebrates in the Mediterranean Sea. PloS one. 9(12): e115655.

[21]. Đào Việt Hà (2021). Mạng lưới quan trắc axít hóa đại dương toàn cầu và khu vực Tây Thái Bình Dương. Ủy ban Hải dương học Liên chính phủ Việt Nam. 05: 1-5.

[22]. Dư Văn Toán, Trần Quang Hải, Vũ Thị Hiền, Nguyễn Thị Khang & Mai Kiên Định (2023). Tác động môi trường sinh thái của "vùng chết" trên đại dương thế giới và đề xuất nghiên cứu quản lý tại vùng biển Việt Nam. Tạp chí Môi trường. 7: 52-54.

[23]. Li - qing Jiang, John Dunne, Brendan R Carter, Jerry F Tjiputra, Jens Terhaar, Jonathan D Sharp, Are Olsen, Simone Alin, Dorothee CE Bakker & Richard A Feely (2023). Global surface ocean acidification indicators from 1750 to 2100. Journal of Advances in Modeling Earth Systems. 15(3): e2022MS003563.

[24]. Lê Anh Vinh, Nguyễn Thu Hà, Nguyễn Thị Hương Lan, Đỗ Đức Lân, Nguyễn Lê Vân Dung & Bùi Thu Hương (2025). Tích hợp giáo dục bảo tồn biển và đại dương trong Chương trình giáo dục phổ thông 2018 ở Việt Nam. Tạp chí Giáo dục. 1-6.

[25]. John A Church, Jonathan M Gregory, Philippe Huybrechts, Michael Kuhn, Kurt Lambeck, Mai T Nhuan, Dahe Qin & Phil L Woodworth (2001). Changes in sea level. , in: JT Houghton, Y. Ding, DJ Griggs, M. Noguer, PJ Van der Linden, X. Dai, K. Maskell, and CA Johnson (eds.): Climate Change 2001: The Scientific Basis: Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel. 639-694.

[26]. Trương Văn Tuấn (2019). Ảnh hưởng của biến đổi khí hậu đến hệ sinh thái tự nhiên ở đồng bằng sông Cửu Long. Tạp chí Khoa học Trường Đại học Sư phạm TP. Hồ Chí Minh. 64: 155-155.

[27]. Genuario Belmonte (2025). Mediterranean Sea Biodiversity. Elements of Pelagos Biology: With Focus on the Mediterranean Sea. Springer. 97-146.

[28]. Jean - Marc Fromentin & Joseph E Powers (2005). Atlantic bluefin tuna: population dynamics, ecology, fisheries and management. Fish and fisheries. 6(4): 281-306.

[29]. Võ Sĩ Tuấn (2008). Môi trường Biển Đông và ưu tiên hợp tác về môi trường biển của Việt Nam. Tuyển tập Báo cáo Hội nghị Quốc gia Biển Đông-2007, Nha Trang. 59-76.

[30]. Sidharta Chatterjee (2017). An analysis of threats to marine biodiversity and aquatic ecosystems. Available at SSRN 2964468.

[31]. Trần Đức Thạch (2007). Những vấn đề môi trường ven biển nổi bật ở Việt Nam và định hướng bảo vệ. NXB Nông nghiệp, Hà Nội. 119-134.

[32]. Changhwan Ahn & Eui-Bae Jeung (2023). Endocrine-disrupting chemicals and disease endpoints. International journal of molecular sciences. 24(6): 5342.

[33]. Anders Goksøyr (2006). Endocrine disruptors in the marine environment: mechanisms of toxicity and their influence on reproductive processes in fish. Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A. 69(1-2): 175-184.

[34]. Geoffrey W Bryan & Peter E Gibbs (2020). Impact of low concentrations of tributyltin (TBT) on marine organisms: a review. Metal Ecotoxicology Concepts and Applications. 323-361.

[35]. Lígia M Salvo, Divinomar Severino, Helena C Silva de Assis & José Roberto MC da Silva (2016). Photochemical degradation increases polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) toxicity to the grouper Epinephelus marginatus as assessed by multiple biomarkers. Chemosphere. 144: 540-547.

[36]. Fredric M Windsor, Steve J Ormerod & Charles R Tyler (2018). Endocrine disruption in aquatic systems: Up - scaling research to address ecological consequences. Biological Reviews. 93(1): 626-641.

[37].Nguyễn Đình Đáp & Đoàn Thị Thu Hương (2021). Giải pháp phục hồi hệ sinh thái và đa dạng sinh học cho Việt Nam. Tạp chí Nghiên cứu Địa lý Nhân văn. 4: 81.

[38]. Võ Sĩ Tuấn (2022). Nghiên cứu về đa dạng sinh học và bảo tồn biển Việt Nam-Kết quả nổi bật trong 30 năm qua và kỳ vọng tương lai. Hội nghị biển đông 2022, Nha Trang.

[39]. Nguyễn Bá Cao & Nguyễn Hữu Nhân (2018). Đánh giá chế độ thủy động lực tương phản giữa hai đới biển ven bờ bao quanh mũi Cà Mau. Viện kỹ thuật biển. 46.

[40]. Phan Minh Thu, Ho Van The, Hoang Xuan Ben, Nguyen Minh Hieu, Le Hung Phu, Le Trong Dung, Pham Hong Ngoc, Vo Tran Tuan Linh, Pham Thi Mien & Tran Thanh Ha (2025). Eutrophication Monitoring for Sustainable Development in Nha Trang Marine Protected Area, Vietnam. Sustainability. 17(11): 5128.