

RÁC THẢI BIỂN TẠI VŨNG TÀU: NGUỒN GỐC VÀ GIẢI PHÁP

Phạm Ngọc Thịnh

Trường Đại học Thủy lợi

Tóm tắt: Bài báo phân tích thực trạng, nguồn gốc và đề xuất giải pháp kiểm soát, giảm thiểu rác thải biển tại Vũng Tàu, nơi các bãi biển du lịch trọng điểm như Bãi Trước và Bãi Sau thường xuyên đối mặt với tình trạng rác thải trôi dạt theo mùa, chủ yếu là lục bình và rác sinh hoạt. Nghiên cứu chỉ ra rằng, hiện tượng này diễn ra mạnh vào các đợt chuyển gió mùa kết hợp thủy triều lớn, khi rác từ các sông lớn như Đồng Nai, Sài Gòn, Mê Kông bị cuốn ra biển rồi dạt vào bờ, gây áp lực lớn cho công tác thu gom, xử lý và ảnh hưởng nghiêm trọng đến mỹ quan, du lịch và hệ sinh thái biển địa phương. Các nguyên nhân của hiện tượng này bao gồm yếu tố tự nhiên (gió mùa, thủy triều, dòng chảy ven bờ), hạn chế trong quản lý rác thải đô thị, sự phối hợp liên vùng chưa hiệu quả và ý thức bảo vệ môi trường của cộng đồng còn thấp. Để giải quyết vấn đề này, nhóm giải pháp đồng bộ được đề xuất: kiểm soát nguồn rác từ thượng nguồn (lắp lưới chắn rác, kiểm soát xả thải, thu hoạch lục bình), tăng cường thu gom và xử lý rác tại bãi biển kết hợp ứng dụng công nghệ hiện đại, nâng cao nhận thức cộng đồng cả ở vùng ven biển và ven sông, cùng với tăng cường quan trắc, cảnh báo ô nhiễm môi trường biển.

Từ khóa: Rác thải biển, Vũng Tàu, quản lý rác thải, ảnh hưởng của gió mùa, ô nhiễm từ sông ngòi.

Summary: This paper analyzes the current situation and origins of marine debris in Vung Tau, a major coastal tourist destination in Vietnam, and proposes solutions for its control and mitigation. The city's key tourist beaches, such as Front Beach and Back Beach, regularly face an influx of seasonal debris, primarily composed of water hyacinth and domestic waste. Research indicates this phenomenon intensifies during the monsoon transition periods, combined with high tides, when waste from large river systems like the Dong Nai, Saigon, and Mekong is washed out to sea and subsequently drifts onto Vung Tau's shores. This poses a significant challenge to waste collection and management efforts, severely impacting the city's aesthetics, tourism industry, and local marine ecosystem. The causes are multifaceted, stemming from natural factors (monsoons, tides, coastal currents) and compounded by shortcomings in urban waste management, ineffective inter-regional coordination, and low public environmental awareness. To address this, a comprehensive set of solutions is proposed. These include controlling pollution at its source upstream by installing trash-trapping nets and managing water hyacinth growth; enhancing beach cleanup and waste treatment capabilities with modern technology; raising public awareness in both coastal and riverine communities; and improving environmental monitoring and pollution warning systems.

Keywords: Marine debris, Vung Tau, waste management, monsoon influence, riverine pollution.

1. GIỚI THIỆU

Vũng Tàu, một địa danh ven biển nổi tiếng với các bãi biển như Bãi Trước và Bãi Sau, từ lâu đã là điểm đến hấp dẫn của du khách trong và

ngoài nước nhờ điều kiện khí hậu ổn định, vị trí địa lý thuận lợi và hệ thống hạ tầng du lịch phát triển mạnh mẽ. Mỗi năm, địa phương này đón từ 14 đến 15 triệu lượt khách, doanh thu du lịch đạt 14 - 16 nghìn tỷ đồng, với tốc độ tăng trưởng 15 - 20%/năm, góp phần quan trọng vào phát triển kinh tế - xã hội của khu vực Bà Rịa - Vũng Tàu [1].

Ngày nhận bài: 30/6/2025

Ngày thông qua phản biện: 10/7/2025

Ngày duyệt đăng: 30/7/2025

Tuy nhiên, tình trạng rác thải trôi dạt vào bờ biển, đặc biệt là lục bình và rác thải sinh hoạt, đang trở thành một vấn đề nghiêm trọng, ảnh hưởng trực tiếp đến mỹ quan đô thị, ngành du lịch và môi trường biển địa phương. Theo nghiên cứu gần đây, mức độ ô nhiễm rác thải biển tại khu vực này có xu hướng gia tăng, với mật độ rác dao động từ 0,1768 đến 0,4464 vật thể/m² trên 12 địa điểm khảo sát, trong đó 91,7% các bãi biển được đánh giá ở mức "Trung bình" về lượng rác nhựa theo chỉ số Plastic Abundance Index [2]. Hiện tượng này diễn ra theo chu kỳ, tập trung vào hai đợt chính trong năm: cuối tháng 4, đầu tháng 5 khi thời tiết chuyển gió mùa Tây Nam và cuối tháng 9, đầu tháng 10 khi gió chuyển từ Tây Nam sang Đông Bắc, kết hợp với thủy triều cao. Mỗi đợt, các bãi biển tại Vũng Tàu có thể phải tiếp nhận hàng chục tấn rác, có thời điểm kéo dài cả tuần, gây áp lực lớn lên hệ thống thu gom, xử lý rác thải của thành phố [3].



Hình 1: Rác trôi dạt vào Bãi Sau [4].

Để hiểu rõ hơn về đường đi của rác, các nghiên cứu trên thế giới ngày càng tập trung vào việc mô hình hóa lan truyền rác thải biển. Các mô hình này, dựa trên dữ liệu hải văn và khí tượng, giúp dự báo các khu vực có nguy cơ tích tụ rác cao, từ đó hỗ trợ công tác quy hoạch và ứng phó [5-7]. Về mặt giải pháp, kinh nghiệm từ nhiều đô thị ven biển Đông Nam Á cho thấy hiệu quả của việc áp dụng các giải pháp công nghệ trong việc kiểm soát rác [8]. Các hệ thống lưới chắn rác tại cửa sông, công

nghệ thu gom tự động và các trạm quan trắc môi trường đã được triển khai nhằm giảm thiểu lượng rác từ nguồn trước khi chúng phát tán ra biển.

Nhiều nghiên cứu tại Việt Nam đã tập trung khảo sát hiện trạng, phân bố và các yếu tố liên quan đến rác thải biển ở các khu vực ven biển [9-13]. Tuy nhiên, vẫn còn thiếu các công trình tổng hợp và phân tích cơ chế tương tác đặc thù giữa nguồn thải từ nhiều lưu vực sông, các yếu tố động lực theo mùa như gió mùa, triều cường, cùng với hình thái bờ biển tại các điểm nóng như Vũng Tàu. Do đó, bài báo này được thực hiện nhằm hệ thống hóa các nguyên nhân, làm rõ cơ chế cộng hưởng và đề xuất bộ giải pháp tích hợp phù hợp với bối cảnh riêng của Vũng Tàu.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Tổng quan tài liệu khoa học: Rà soát và phân tích các công trình nghiên cứu đã được bình duyệt trong nước và quốc tế về ô nhiễm rác thải biển, đặc biệt là các nghiên cứu về thành phần và mật độ rác tại các bãi biển Việt Nam. Các nghiên cứu về cơ chế lan truyền rác thải và các giải pháp quản lý cũng được tham khảo để xây dựng cơ sở lý luận.

Thu thập dữ liệu thứ cấp: Tổng hợp thông tin từ các báo cáo của cơ quan quản lý nhà nước, các bài báo và phóng sự điều tra từ các nguồn tin tức uy tín để ghi nhận thực trạng, quy mô và các sự kiện ô nhiễm cụ thể tại các Bãi Trước và Bãi Sau. Các dữ liệu này cung cấp bối cảnh thực tiễn và các số liệu ước tính về khối lượng rác được thu gom.

Phân tích dữ liệu khí tượng - hải văn: Sử dụng và phân tích dữ liệu quan trắc về hướng gió (biểu đồ hoa gió) để làm rõ mối tương quan giữa sự thay đổi của gió mùa và thời điểm rác thải tập trung cao độ tại bờ biển Vũng Tàu.

Các thông tin thu thập được sẽ được hệ thống hóa, phân tích và tổng hợp nhằm xác định mối liên hệ nhân quả giữa nguồn phát thải, cơ chế

lan truyền và hiện trạng ô nhiễm, từ đó làm cơ sở cho việc đề xuất các giải pháp.

3. NGUỒN GỐC VÀ CƠ CHẾ

3.1. Nguồn phát thải từ các hệ thống sông

Nguồn gốc chính của rác thải dạt vào Vũng Tàu được xác định là từ các lưu vực sông lớn ở khu vực Đông Nam Bộ và Đồng bằng sông Cửu Long, bao gồm hệ thống sông Đồng Nai - Sài Gòn và các cửa sông của hệ thống Mê Kông. Rác thải bao gồm hai thành phần chính:

Sinh khối tự nhiên: Chủ yếu là cây lục bình, chiếm khối lượng lớn nhất. Quan sát thực địa cho thấy sự khác biệt về đặc điểm của lục bình giữa các mùa, gợi ý về nguồn gốc khác nhau: đợt tháng 4-5 chủ yếu là lục bình tươi, thân ngắn, được cho là đến từ các sông gần như Đồng Nai và Sài Gòn ; trong khi đợt tháng 9-10 có lục bình thân dài, héo hơn, lẫn nhiều cành cây khô, có thể xuất phát từ các vùng xa hơn ở miền Tây.

Rác thải nhân tạo: Bao gồm một lượng lớn rác thải sinh hoạt, trong đó rác thải nhựa là phổ biến nhất. Các loại rác thường thấy là túi nilon, hộp xốp, chai nhựa và các mảnh vỡ nhựa khác.

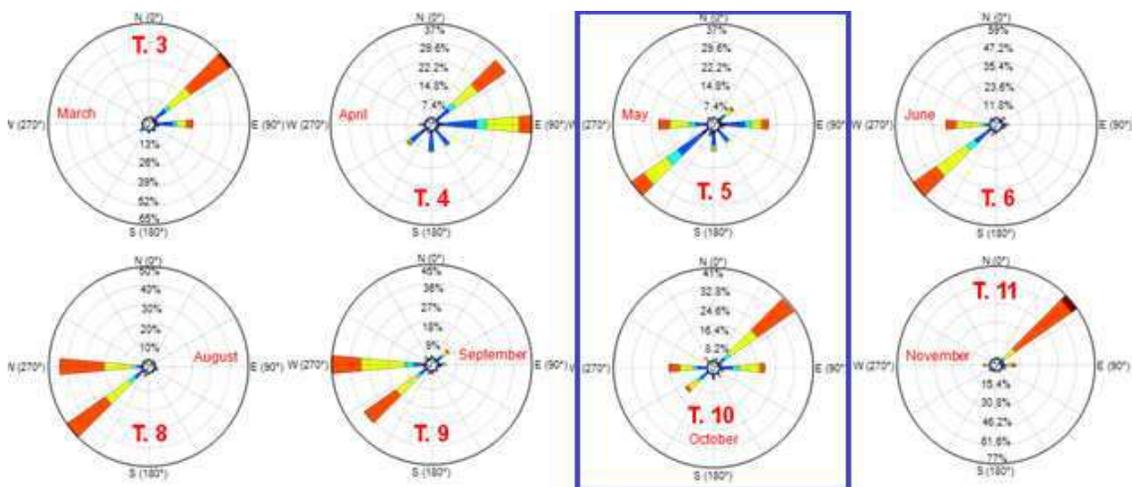
Nghiên cứu của Nguyen và cộng sự tại các bãi biển phía Nam đã định lượng và xếp loại mức độ ô nhiễm nhựa ở mức "Trung bình" theo chỉ số Plastic abundance index, cung cấp bằng chứng khoa học cho sự hiện diện đáng kể của loại rác này [2].



Hình 2: Minh họa rác từ các cửa sông.

3.2. Cơ chế vận chuyển do các yếu tố tự nhiên

Gió mùa và các yếu tố hải văn đóng vai trò quyết định trong việc vận chuyển lượng rác khổng lồ từ các cửa sông đến và tích tụ tại bờ biển Vũng Tàu.



Hình 3: Hoa sóng tại khu vực bãi Trước, Vũng Tàu.

Vai trò của gió mùa: Phân tích dữ liệu hoa gió (Hình 3) cho thấy sự chi phối của hai hướng gió mùa chính. Vào khoảng tháng 4-5, gió mùa

Tây Nam bắt đầu hoạt động. Gió này tạo ra dòng chảy ven bờ hướng về phía Đông Bắc, "bẫy" và vận chuyển rác từ các cửa sông Sài

Gòn, Đồng Nai dạt vào Vũng Tàu. Ngược lại, vào tháng 9-10, khi gió chuyển hướng từ Tây Nam sang Đông Bắc, kết hợp với các đợt gió chướng mạnh, rác từ các cửa sông Cừ Long (xa hơn về phía Tây Nam) bị đẩy ra biển và sau đó được dòng chảy ven bờ đưa ngược trở lại khu vực Vũng Tàu.

Bên cạnh vai trò khởi phát của gió mùa, một yếu tố hải văn quan trọng cần được nhấn mạnh là dòng chảy ven bờ. Gió mùa không chỉ đẩy lớp nước mặt mà còn tạo ra các dòng chảy ổn định dọc theo bờ biển, đóng vai trò như những "dòng sông" vận chuyển rác khổng lồ. Vào mùa gió Tây Nam (khoảng tháng 4-5), dòng chảy ven bờ chủ đạo có hướng về phía Đông Bắc, liên tục "gom" và vận chuyển rác từ các cửa sông Sài Gòn và Đồng Nai dạt thẳng vào bờ biển Vũng Tàu. Khi gió chuyển sang hướng

Đông Bắc (khoảng tháng 9-10), dòng chảy ven bờ trở nên phức tạp hơn, nhưng có xu hướng đưa lượng rác khổng lồ từ các cửa sông Cừ Long (đã bị đẩy ra biển trước đó) ngược trở lại và tiếp cận khu vực Vũng Tàu.

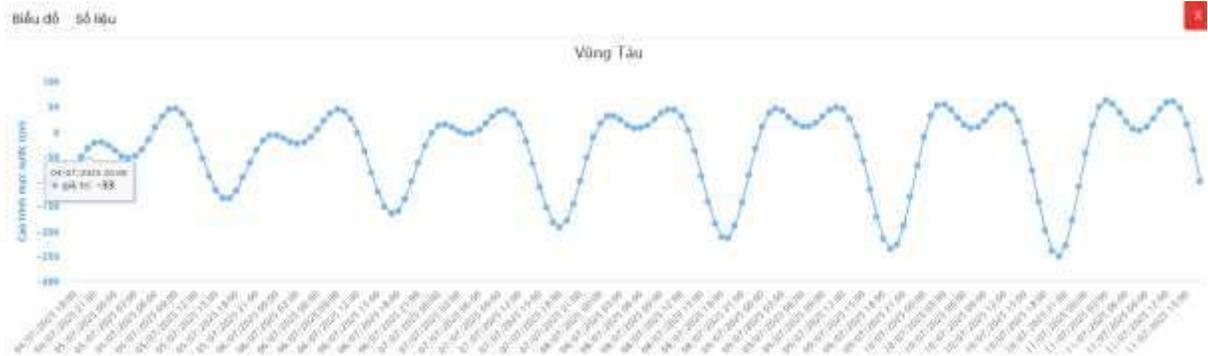
Tuy nhiên, yếu tố quyết định khiến rác tập trung với mật độ cao tại Vũng Tàu thay vì các khu vực khác chính là đặc thù hình thái bờ biển. Bán đảo Vũng Tàu có cấu trúc như một mũi đất nhô thẳng ra biển, hoạt động như một vật cản tự nhiên đối với các dòng chảy ven bờ đang di chuyển. Khi dòng chảy mang theo rác (bao gồm lục bình và rác sinh hoạt) va vào chướng ngại vật này, vận tốc của nó bị giảm đột ngột, tạo ra các vùng nước quẩn và dòng xoáy. Chính cơ chế "bẫy" tự nhiên này khiến cho rác bị giữ lại, tích tụ và sóng đánh dạt vào các bãi biển như Bãi Trước và Bãi Sau với khối lượng lớn.



Hình 4: Dòng chảy và mực nước tại khu vực Vũng Tàu [14]

Tác động của thủy triều: Hiện tượng rác dạt vào bờ diễn ra mạnh nhất khi có sự kết hợp của gió mùa và các đợt triều cường, một yếu tố đặc biệt đáng chú ý tại khu vực ven biển Bà Rịa - Vũng Tàu vốn chịu ảnh hưởng của chế độ dao động bán nhật triều không đều. Tại trạm Vũng Tàu, trong khi độ lớn thủy triều trung bình năm là 253 cm, các đợt triều cường cực đại có thể đẩy mực nước lên tới 406 cm, đặc biệt ghi nhận vào tháng 6. Sự chênh lệch

lớn này, được chi phối bởi các sóng triều có biên độ đáng kể như sóng bán nhật triều M2 (71,58 cm) và sóng nhật triều K1 (58,52 cm), đã làm gia tăng mạnh mẽ mực nước và vận tốc dòng chảy tại các cửa sông. Chính sự gia tăng đột biến của thủy triều đã tạo ra một lực đẩy khổng lồ, cuốn theo lượng rác lớn hơn từ trong đất liền ra biển, sau đó tạo điều kiện thuận lợi để chúng bị vận chuyển và dạt vào bờ với quy mô lớn.



Hình 5: Thủy triều tại Vũng Tàu [14]

Do đó, có thể khẳng định hiện tượng ô nhiễm nghiêm trọng theo mùa tại Vũng Tàu là kết quả của sự cộng hưởng mạnh mẽ giữa ba yếu tố: (1) nguồn phát thải khổng lồ từ các hệ

thống sông, (2) hệ thống động lực học vận chuyển gồm gió mùa, thủy triều và dòng chảy ven bờ, và (3) đặc điểm hình thái bờ biển dạng bán đảo độc đáo của Vũng Tàu.



Hình 6: Minh họa nguyên nhân rác trôi dạt vào bờ biển Vũng Tàu

4. GIẢI PHÁP KIỂM SOÁT VÀ GIẢM THIỂU

Kiểm soát và giảm thiểu rác thải biển tại Vũng Tàu đòi hỏi một hệ thống giải pháp đồng bộ, tích hợp giữa quản lý nhà nước, ứng dụng công nghệ và nâng cao nhận thức cộng đồng, hướng tới mục tiêu phát triển đô thị bền vững.

4.1. Kiểm soát nguồn rác thải từ các hệ thống sông

Kiểm soát nguồn rác thải từ thượng nguồn là một giải pháp mang tính liên vùng, đặc biệt quan trọng tại các cửa sông lớn như Đồng Nai và Sài Gòn, nhằm ngăn chặn hiệu quả rác thải

từ nội địa trôi ra biển. Việc lắp đặt các hệ thống lưới chắn rác tại cửa sông đã được chứng minh là có khả năng giảm đáng kể lượng rác thải nhựa và rác sinh hoạt trôi nổi, đồng thời hỗ trợ công tác thu gom tập trung trước khi rác phát tán ra môi trường biển. Bên cạnh đó, tăng cường giám sát hoạt động xả thải, kiểm soát các nguồn thải chưa qua xử lý và thúc đẩy phối hợp giữa các địa phương thượng nguồn – hạ nguồn là những biện pháp thiết yếu, giúp nâng cao hiệu quả quản lý tổng thể chất thải rắn lưu vực sông, hạn chế phát sinh rác thải thứ cấp tại khu vực cửa sông.

Đối với sinh khối lục bình - một thành phần lớn trong rác thải trôi nổi - việc chủ động kiểm soát hoặc tiêu diệt lục bình ngay trong các sông nội địa cũng cần được xem xét. Các nghiên cứu tại khu vực Đông Nam Á cho thấy, áp dụng biện pháp cơ học như thu hoạch lục bình định kỳ, kết hợp với sử dụng chế phẩm sinh học hoặc kiểm soát dinh dưỡng trong nước sông, có thể hạn chế sự phát triển quá mức của loài thực vật này, từ đó giảm lượng lục bình trôi ra biển và tích tụ tại các bãi biển ven đô thị. Việc triển khai đồng bộ các giải pháp kỹ thuật và quản lý nói trên, cùng với sự phối hợp liên ngành và liên vùng, đã được ghi nhận là mang lại hiệu quả tích cực trong kiểm soát rác thải nguồn nước tại nhiều đô thị ven biển Đông Nam Á.

4.2. Tăng cường thu gom và xử lý

Nâng cao năng lực thu gom và xử lý rác thải tại chỗ là giải pháp ứng phó trực tiếp và cấp thiết nhằm xử lý các đợt ô nhiễm biển theo mùa tại Vũng Tàu. Trước hết, cần phải tăng cường các hoạt động hiện hữu bằng cách mở rộng quy mô và tăng tần suất thu gom, đặc biệt trong các giai đoạn cao điểm từ tháng 4 đến tháng 5 và từ tháng 9 đến tháng 10 khi lượng rác dạt vào bờ tăng đột biến.

Song song đó, để tối ưu hóa hiệu quả và hướng tới sự bền vững, việc tích hợp công nghệ hiện đại là tất yếu. Các giải pháp như hệ thống phân loại tự động và dây chuyền tái chế tiên tiến không chỉ giúp nâng cao hiệu suất thu gom mà còn tăng tỷ lệ vật liệu được tái chế, qua đó giảm khối lượng rác phải chôn lấp và hạn chế các tác động thứ cấp đến môi trường ven biển. Hơn nữa, việc nghiên cứu và áp dụng các mô hình thu gom chuyên biệt, như các phương pháp được đề xuất trong nghiên cứu của Phạm N. T. [15], cần được cân nhắc để giải quyết bài toán một cách khoa học và hiệu quả hơn.

4.3. Nâng cao nhận thức cộng đồng

Nâng cao nhận thức cộng đồng đóng vai trò then chốt trong việc kiểm soát và giảm thiểu

rác thải biển tại Vũng Tàu, đồng thời cần mở rộng phạm vi nâng cao ý thức này đến các cộng đồng sống dọc theo các con sông lớn như Đồng Nai, Sài Gòn, bởi đây là một trong những nguồn gốc chính của rác thải trôi dạt ra biển. Việc tăng cường các chương trình tuyên truyền và giáo dục nhằm thay đổi hành vi xả rác bừa bãi của người dân không chỉ giới hạn ở khu vực ven biển mà còn cần được triển khai sâu rộng tại các vùng thượng nguồn, nơi phát sinh lượng lớn rác thải sinh hoạt và rác thải nhựa.

Các chiến dịch làm sạch bãi biển với sự tham gia tích cực của cộng đồng địa phương và du khách đã chứng minh hiệu quả trong việc xây dựng ý thức bảo vệ môi trường. Tương tự, các hoạt động tương tự cần được tổ chức tại các khu vực ven sông, kết hợp với việc giáo dục và truyền thông nhằm nâng cao nhận thức về tác động tiêu cực của rác thải đối với hệ sinh thái sông ngòi và biển cả.

Sự tham gia của cộng đồng trong các hoạt động bảo vệ môi trường giúp nâng cao nhận thức về tác động tiêu cực của rác thải đối với hệ sinh thái và sức khỏe con người, từ đó thúc đẩy hành vi bền vững hơn trong quản lý chất thải. Việc lồng ghép giáo dục bảo vệ môi trường vào các chương trình học đường và các hoạt động ngoại khóa cũng được xem là chiến lược dài hạn nhằm tạo ra sự thay đổi bền vững trong nhận thức và hành vi của thế hệ trẻ.

Ngoài ra, việc phối hợp giữa các tổ chức xã hội, chính quyền địa phương và các doanh nghiệp trong việc tổ chức các chiến dịch truyền thông và làm sạch bãi biển, cũng như các chiến dịch làm sạch ven sông, đã chứng minh hiệu quả trong việc tạo ra tác động lan tỏa tích cực trong cộng đồng, góp phần giảm thiểu lượng rác thải biển và bảo vệ môi trường ven biển và ven sông.

4.4. Ứng dụng công nghệ

Ứng dụng công nghệ và tăng cường quan trắc là giải pháp quan trọng nhằm nâng cao hiệu

quả kiểm soát và giảm thiểu rác thải biển tại Vũng Tàu. Việc kết hợp sức người với các giải pháp công nghệ hiện đại như lưới chắn rác ven biển giúp ngăn chặn, thu gom kịp thời rác thải trước khi chúng trôi dạt vào bờ biển. Bên cạnh đó, các hệ thống dự báo luồng rác dựa trên dữ liệu thủy văn, khí tượng và mô hình dòng chảy biển có thể hỗ trợ dự báo chính xác thời điểm, vị trí rác thải tập trung, từ đó tối ưu hóa công tác thu gom và duy động nguồn lực phù hợp.

Đặc biệt, việc nâng cấp và vận hành các trạm quan trắc môi trường nước biển ven bờ, như hai trạm tự động đã được triển khai tại Bà Rịa - Vũng Tàu, góp phần quan trọng trong việc giám sát liên tục chất lượng nước, phát hiện sớm các nguy cơ ô nhiễm và cung cấp dữ liệu phục vụ cảnh báo, quản lý môi trường biển hiệu quả hơn.

Ngoài ra, các công nghệ cảm biến từ xa, máy bay không người lái (UAV) và camera đa phổ cũng đang được ứng dụng rộng rãi để giám sát, đánh giá hiện trạng rác thải và sinh khối thực vật trôi nổi trên mặt nước, hỗ trợ ra quyết định nhanh chóng và chính xác trong công tác bảo vệ môi trường ven biển.

5. KẾT LUẬN

Tình trạng rác thải biển theo mùa tại Vũng Tàu là kết quả của một cơ chế cộng hưởng phức tạp, chứ không phải từ một nguyên nhân đơn lẻ. Ba

yếu tố cốt lõi bao gồm: (1) nguồn phát thải khổng lồ từ các hệ thống sông lớn như Đồng Nai, Sài Gòn và Mê Kông; (2) hệ thống động lực tự nhiên gồm gió mùa, thủy triều và dòng chảy ven bờ vận chuyển rác đến khu vực; và (3) đặc thù hình thái bờ biển dạng mũi đất của Vũng Tàu hoạt động như một "chiếc bẫy" tự nhiên, khiến rác bị giữ lại và tích tụ với mật độ cao.

Từ thực tiễn phân tích tại Vũng Tàu, nghiên cứu kiến nghị rằng giải pháp căn cơ và bền vững nhất đòi hỏi một cơ chế phối hợp liên vùng chặt chẽ, vượt ra ngoài nỗ lực riêng lẻ của địa phương. Cần thiết lập sự hợp tác giữa Bà Rịa - Vũng Tàu và các địa phương thượng nguồn nơi phát sinh rác thải chính như hệ thống sông Đồng Nai, Sài Gòn và Mê Kông. Sự phối hợp này cần tập trung vào việc kiểm soát nguồn thải, chia sẻ dữ liệu quan trắc và triển khai các giải pháp công nghệ ngăn chặn rác ngay trên các lưu vực sông.

Song song với chiến lược dài hạn này, các giải pháp ứng phó tại chỗ là yêu cầu cấp thiết. Cần phải triển khai và vận hành các hệ thống thu gom rác trực tiếp, thường xuyên tại các bãi tắm trung tâm như Bãi Trước và Bãi Sau. Hoạt động này không chỉ giúp xử lý kịp thời lượng rác dạt vào mà còn nhằm đảm bảo vệ sinh, duy trì mỹ quan đô thị và bảo vệ hình ảnh của một địa danh du lịch biển trọng điểm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Sở Du lịch tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu, "Hơn 14,4 triệu lượt khách du lịch đến Bà Rịa - Vũng Tàu trong 10 tháng của năm 2024," Tin tức và Sự kiện, 26-Oct-2024. [Online]. Available: <https://bvhttdl.gov.vn/hon-144-trieu-luot-khach-du-lich-den-ba-ria-vung-tau-trong-10-thang-cua-nam-2024-20241028102853963.htm>
- [2] D. Nguyen, M. K. Nguyen, M. T. Pham, N. T. Anh, D. Van Tri, H. L. Nguyen, et al., "Investigating macro marine litter and beach cleanliness along Southern Vietnam beaches," *Marine Pollution Bulletin*, vol. 212, p. 117566, 2025.
- [3] "Vũng Tàu dọn rác biển 'tấn công' các bãi tắm," *Hà Nội mới*. [Online]. Available: <https://hanoimoi.vn/vung-tau-don-rac-bien-tan-cong-cac-bai-tam-704462.html>.
- [4] "Biển Bãi Sau Vũng Tàu ngập lục bình, rác," *VnExpress*, 28-May-2025. [Online]. Available: <https://vnexpress.net/bien-bai-sau-vung-tau-ngap-luc-binh-rac-4891510.html>

- [5] NOAA, “Modeling Oceanic Transport of Floating Marine Debris,” 2024. [Online]. Available: <https://marinedebris.noaa.gov/modeling-and-monitoring/modeling-oceanic-transport-floating-marine-debris>
- [6] P. S. Ng, M. M. Maqueda, and K. L. Goh, “Modelling the transportation of marine plastics over the ocean surface by Cellular Automata,” *Mar. Pollut. Bull.*, vol. 198, 2023.
- [7] C. Lebreton, J. van der Zwet, J.-W. Damsteeg, B. Slat, A. Andrady, and J. Reisser, “Modelling the transport and accumulation of floating marine debris in the Mediterranean basin,” *Mar. Pollut. Bull.*, vol. 91, no. 1, pp. 65–77, 2015.
- [8] APEC Ocean and Fisheries Working Group, “Capacity Building on Marine Debris Monitoring by Using Innovative Technologies in APEC Region,” Dec. 2022. [Online]. Available: <https://www.apec.org/publications/2022/12/capacity-building-on-marine-debris-monitoring-by-using-innovative-technologies-in-apec-region>
- [9] T. H. T. Nguyen, “A Review of Marine Debris Research in Vietnam,” *J. Coast. Res.*, vol. 40, no. 3, pp. 588–602, 2024.
- [10] H. T. Pham, T. Q. Pham, N. Pham, L. H. T. Nguyen, S. Cragg, and L. Michie, “Abundance and variation of microplastics between seasons in a tropical estuary: The case of Can Gio estuary, Vietnam,” *Arch. Environ. Prot.*, vol. 50, no. 3, pp. 3–17, 2024.
- [11] D. T. Lim et al., “Macro- and meso- marine debris on beaches in Khanh Hoa Province, Vietnam: density, composition, and pollution indicators,” *Vietnam Journal of Marine Science and Technology*, vol. 23, no. 4, pp. 387–396, 2023.
- [12] T. H. T. Nguyen, “Abundance, distribution, and seasonal variation of marine litter across beaches in central Vietnam,” *Mar. Pollut. Bull.*, vol. 202, 2025.
- [13] L. D. Duong et al., “Exploring cigarette butts pollution in Vung Tau beaches: A case study in Vietnam,” *Mar. Pollut. Bull.*, vol. 202, 2025.
- [14] Marine Mekong, “Marine Mekong – Mekong River and Coastal Marine Litter Monitoring,” [Online]. Available: <https://marinemekong.com/>
- [15] Pham N. T. Review of ocean waste collection systems: technologies, effectiveness and sustainable development directions // *Inzhenernyye issledovaniya [Engineering Research]*. 2025. No.1(21). Pp. 45-54. EDN: VERLQI