

**BỘ KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ**

**Dự án 14 EE5  
Hợp tác Việt Nam - Italia giai đoạn 2004 - 2006**

**NGHIÊN CỨU ĐỘNG THÁI MÔI TRƯỜNG  
ĐÂM PHÁ VEN BỜ MIỀN TRUNG VIỆT NAM  
LÀM CƠ SỞ LỰA CHỌN PHƯƠNG ÁN QUẢN LÝ**

**Cơ quan chủ trì:  
Phân viện Hải dương học tại Hải Phòng  
(Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam)**

**Chuyên đề**

**ĐẶC ĐIỂM ĐỊA CHẤT - ĐỊA MẠO HỆ THỐNG  
ĐÂM PHÁ VEN BỜ MIỀN TRUNG VIỆT NAM  
VÀ HỆ ĐÂM PHÁ TAM GIANG - CẦU HAI**

**6527-10**

*12/9/2007*

**Hải Phòng, 2004**

**BỘ KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ**

**Dự án 14 EE5  
Hợp tác Việt Nam - Italia giai đoạn 2004 - 2006**

**NGHIÊN CỨU ĐỘNG THÁI MÔI TRƯỜNG  
ĐẦM PHÁ VEN BỜ MIỀN TRUNG VIỆT NAM  
LÀM CƠ SỞ LỰA CHỌN PHƯƠNG ÁN QUẢN LÝ**

**Cơ quan chủ trì:  
Phân viện Hải dương học tại Hải Phòng  
(Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam)**

**Chủ nhiệm:  
TS. Nguyễn Hữu Cử  
Thư ký:  
CN. Đặng Hoài Nhơn**

**Chuyên đề**

**ĐẶC ĐIỂM ĐỊA CHẤT - ĐỊA MẠO HỆ THỐNG  
ĐẦM PHÁ VEN BỜ MIỀN TRUNG VIỆT NAM  
VÀ HỆ ĐẦM PHÁ TAM GIANG - CẦU HAI**

**Chủ trì thực hiện  
TS. Trần Đức Thạnh**

**Hải Phòng, 2004**

**ĐẶC ĐIỂM ĐỊA CHẤT - ĐỊA MẠO HỆ THỐNG  
ĐẦM PHÁ VEN BỜ MIỀN TRUNG VIỆT NAM  
VÀ HỆ ĐẦM PHÁ TAM GIANG - CẦU HAI**

## MỤC LỤC

<b>I. Tổng quan đặc điểm địa chất - địa mạo ven bờ Trung Bộ</b>	<b>1</b>
1. Địa chất	1
1.1. Các cấu trúc địa chất cơ bản	1
1.2. Các thành tạo đá gốc	2
1.3. Các thành tạo trầm tích bờ rời	2
1.4. Các hệ địa chất hiện đại	2
2. Địa hình - địa mạo	6
2.1. Vùng bờ biển từ Lạch Trường đến Hải Vân (Bắc Trung Bộ)	6
2.2. Dải bờ từ Hải Vân đến Cà Ná (Trung Trung Bộ)	8
2.3. Dải bờ từ Cà Ná đến Vũng Tàu (Nam Trung Bộ)	9
<b>II. Đặc điểm địa chất - địa mạo đầm phá Tam Giang – Cầu Hai</b>	<b>11</b>
1. Vị trí và kiểu loại đầm phá	11
1.1. Vị trí địa lý	11
1.2. Kiểu loại	11
2. Địa chất khu vực	11
2.1. Kiến tạo	11
2.2. Địa tầng	13
2.3. Macma	13
3. Trầm tích hiện đại	14
3.1. Tổng quan	14
3.2. Thành phần cơ học	15
3.3. Khoáng vật nặng trong trầm tích đáy	18
3.4. Đặc điểm địa hoá trầm tích đáy	19
3.5. Môi trường lắng đọng trầm tích	26
4. Địa hình – địa mạo	28
4.1. Đặc điểm chung hình thái địa hình	28
4.2. Đặc điểm hình thái - động lực	31
5. Đặc điểm hình thành và tiến hoá hệ đầm phá	35
5.1. Sự hình thành thành đầm phá và các cửa	35
5.2. Biến dạng cửa đầm phá	36
<b>Tài liệu tham khảo</b>	<b>40</b>
<b>Phụ lục</b>	<b>42</b>

## I. TỔNG QUAN ĐẶC ĐIỂM ĐỊA CHẤT - ĐỊA MẠO VEN BỜ TRUNG BỘ

Căn cứ vào tổng quan điều kiện tự nhiên (địa hình, địa chất, khí hậu, thủy văn và khu hệ sinh vật), dải ven bờ biển Trung Bộ Việt Nam có thể chia thành 4 vùng tự nhiên khác nhau.

*Vùng Bắc Trung Bộ*, từ Thanh Hóa đến Thừa Thiên - Huế: thuộc dải bờ tây Vịnh Bắc Bộ, đường bờ cơ bản hướng tây bắc - đông nam, phổ biến các đồng bằng bồi tích sông - biển ven bờ, chịu ảnh hưởng sâu sắc của mùa đông lạnh, lượng mưa cao.

*Vùng Trung Trung Bộ*, từ Đà Nẵng đến Khánh Hòa: đường bờ hình vòng cung chuyển từ gần bắc - nam sang đông bắc - tây nam, phổ biến các vũng - vịnh và đầm phá ven biển, lượng mưa rất cao.

*Vùng Nam Trung Bộ*, Ninh Thuận đến Vũng Tàu: đường bờ cơ bản hướng đông bắc - tây nam, bờ biển phổ biến các mũi nhô đá gốc, khí hậu khô và gần như nóng ẩm quanh năm và không có mùa đông lạnh.

### 1. Địa chất

#### 1.1. Các cấu trúc địa chất cơ bản

Cấu trúc địa chất Tiền Cambri có mặt từ mũi Ba Làng An đến Tuy Hòa. Đây là nơi hẹp nhất của thềm lục địa Việt Nam. Ảnh hưởng của đứt gãy Tây Bắc Đông và các đứt gãy dọc bờ tạo nên địa hình hẹp dốc và phân bậc rõ. Biên độ hạ tân kiến tạo đạt 1 000 - 2 000m.

Cấu trúc Caledonit có mặt từ Vinh đến Đà Nẵng thuộc rìa phía tây thềm lục địa Vịnh Bắc Bộ. Hướng các yếu tố kiến trúc chính phương tây bắc - đông nam chéo góc với bờ tạo nên nhiều mũi nhô đá gốc. Địa hình đáy nghiêng dốc thoải ra phía biển với các đường đẳng sâu có hình dáng tương đối tương đồng với đường bờ lục địa. Chuyển động tân kiến tạo từ mức nâng yếu biên độ đạt 100 - 500m đến hạ yếu và trung bình, biên độ 500 - 1 000m.

Cấu trúc Hexinit với các thành tạo lục nguyên - carbonat tuổi Paleozoi sớm - giữa phân bố hẹp ở ven bờ Thừa Thiên - Huế thuộc phần rìa của hai đơn vị kiến trúc chính là đới Hecxinit Trường Sơn được phân định bởi các đứt gãy sâu A Lưới về phía tây và Cu Đê về phía nam, có bề dày Kainozoi đạt 0,5 - 1 km.

Cấu trúc Mezozoit phân từ Tuy Hòa về phía Nam Trung Bộ. Tại đây thềm lục địa mở rộng dần và thoải dần từ Tuy Hòa đến gần Vũng Tàu, chuyển động tân kiến tạo từ nâng yếu biên độ đạt 500m đến hạ trung bình biên độ đạt 1000m. Hướng các yếu tố kiến trúc chính so với đường bờ biển đổi phức tạp. Các đường đẳng sâu cơ bản song song với hướng bờ, chéo góc với bờ ở phía nam khu vực.

## **1.2. Các thành tạo đá gốc**

Các thành tạo đá gốc lộ ra ở các mũi nhô ven bờ Trung Bộ, khoảng vĩ tuyến 11 – 17° Bắc chủ yếu có nguồn gốc macma, phổ biến nhất là xâm nhập granit, sau đó là phun trào bazan, trầm tích phun trào và một số ít đá biến chất.

Ở khu vực Đèo Ngang - bán đảo Sơn Trà, các thành tạo đá gốc rắn chắc ven bờ tập trung chủ yếu ở hai đoạn bờ có đá trầm tích núi lửa (Đèo Ngang - Tu Hiền) và đá granit (bán đảo Sơn Trà). Các đảo ven bờ vùng này có kích thước nhỏ được cấu tạo từ trầm tích núi lửa (Hòn Lôm, Hòn Gio) và từ đá bazan (Côn Cỏ).

Đá gốc granit trong khu vực ven bờ Sơn Trà - mũi An Hòa gặp ở một điểm nhỏ là mũi An Hòa. Ngoài khơi có đảo Cù Lao Chàm được tạo từ đá granit và đảo Lý Sơn được tạo từ đá bazan.

Khu vực Mũi An Hòa - Cửa Đà Rằng có một vài đoạn tạo từ đá gốc khác nhau như bazan, đá biến chất và granit. Đảo Hòn Ông Cầu và Cù Lao Xanh được cấu tạo từ đá granit.

Khu vực cửa Đà Rằng - Cà Ná có nhiều bán đảo và đảo nhỏ chủ yếu cấu tạo từ đá granit (mũi Đại Lãnh, bán đảo Hòn Gốm, Ninh Phước, mũi Cà Ná và các đảo nhỏ Hòn Đồi, Hòn Trâu Nằm, Hòn Ngoại và Hòn Chồng).

Đọc bờ vùng Cà Ná - Vũng Tàu, đá granit và phun trào axit với khối lượng không đáng kể tạo nên các mũi nhô như Mũi Né, mũi Vũng Tàu... Ngoài khơi còn có một số đảo được cấu tạo từ đá trầm tích và phun trào bazan Đệ tứ (đảo Phú Quý).

## **1.3. Các thành tạo trầm tích bờ rời**

Các thành tạo trầm tích bờ rời ven bờ Trung Bộ có thành phần cát chiếm diện phân bố rộng nhất trên đồng bằng ven biển, các cồn đụn cát ven biển, doi cát biển, bãi cát biển và cả ở dải sườn bờ ngầm. Tại phần cực nam Nam Trung Bộ, có mặt các thành tạo cát đỏ (Phan Thiết). Đi cùng thành các tạo cát, đôi khi gặp các trầm thô hơn như cuội và sạn, sỏi. Trầm tích bùn bột phân bố khá phổ biến ở trong các cửa sông, đầm phá và vũng - vịnh. Trầm tích bùn sét bột rất hiếm gặp tại các vùng nước sâu của đầm phá.

## **1.4. Các hệ địa chất hiện đại**

Các hệ địa chất hiện đại ven bờ miền Trung là kết quả của hoạt động tương tác giữa biển và lục địa, trên nền kiến trúc tân kiến tạo và kiến tạo hiện đại. Tại đây có mặt ba kiểu hệ địa chất hiện đại ven bờ tiêu biểu là vũng - vịnh, cửa sông và đầm phá.

- **Vũng - vịnh**

Vũng - vịnh ven bờ, phổ biến ở ven bờ miền Trung (bảng 1). Chúng chủ yếu được tạo nên nhờ các mũi nhô đá gốc dạng bán đảo. Đôi khi bán đảo hình thành do hiện tượng doi cát nối đảo như gặp ở Văn Phong, Cam Ranh, v.v. Bờ vũng -

vịnh là đá gốc (phổ biến Nam Trung Bộ), hoặc các dải bãi cát biển không liên tục hoặc kéo dài liên tục (phổ biến Bắc Trung Bộ, Trung Trung Bộ). Trầm tích bờ vịnh chủ yếu là cát, cát bột, đáy vịnh chủ yếu là cát bột và bùn bột. Vũng, vịnh xuất hiện dọc trên chiều dài bờ và cả trên các đảo lớn tập trung ở Trung và Nam Trung Bộ. Kết quả thống kê sơ bộ cho biết vũng, vịnh ven bờ Trung Bộ có 23 chiếc vịnh có diện tích 7 km<sup>2</sup>, trong tổng số 33 chiếc ven bờ Việt Nam. Các vũng, vịnh thường có diện tích 50 - 150 km<sup>2</sup>, lớn nhất là Văn Phong (453 km<sup>2</sup>). Độ sâu trung bình của các vịnh phổ biến 10 - 15m, lớn nhất là các vịnh Phan Rang (28m); Phú Yên (25m) và Bình Ba (22m). Theo mức độ khép kín, các vũng, vịnh có thể gộp thành ba nhóm: gần kín (Cam Ranh), nửa kín (Đà Nẵng, Văn Phong) và vũng, vịnh mở (Chân Mây, Dung Quất).

**Bảng 1. Các vũng - vịnh chủ yếu tiêu biểu ven bờ biển miền Trung**

Thứ tự	Tên	Địa phương	Qui mô	
			Diện tích mặt nước (km <sup>2</sup> )	Độ sâu trung bình/lớn nhất (m)
1	V. Diễn Châu	Nghệ An	237	6/11
2	Vg. Chân Mây	Thừa Thiên – Huế	7	7,5/14
3	V. Đà Nẵng	Đà Nẵng	116	13/22
4	V. Dung Quất	Quảng Ngãi, Quảng Nam	60,7	12/24
5	V. Nước Ngọt	Bình Định	15,4	
6	V. Qui Nhơn	Bình Định	32,4	1,5/5,4
7	V. Làng Mai	Bình Định	108	15/27
8	Vg. Cù Mông	Phú Yên	19,3	2,0/6,3
9	V. Cù Mông	Phú Yên	7,2	10/15
10	Vg. Xuân Đài	Phú Yên	60,8	10/20
11	V. Không tên	Phú Yên	120	25/35
12	Vg. Rô	Phú Yên – Khánh Hoà	9	15/18
13	Vg. Văn Phong	Khánh Hoà	452,7	18/42
14	Vg. Cây Bàu	Khánh Hoà	13,5	15/35
15	Vg. Bình Cang	Khánh Hoà	91,8	8/18
16	V. Nha Trang	Khánh Hoà	22,5	12/22
17	V. Không tên	Khánh Hoà	54	15/25
18	V. Ba Đài	Khánh Hoà	10,8	18/34
19	Vg. Thủy Triều	Phan Rang, Khánh Hoà	16,2	
20	Vg. Cam Ranh	Khánh Hoà, Khánh Hoà	71,1	7/15
21	Vg. Bình Ba	Khánh Hoà, Phan Rang	91,4	22/59
22	Vg. Nại	Phan Rang	7,2	0,2/2,5
23	V. Không tên	Phan Rang	133,9	28/49
24	V. Không tên	Phan Rang, Phan Thiết	157,5	10/24
25	V. Phan Rí	Phan Thiết	135	8/16
26	V. Phan Thiết	Phan Thiết	287,1	10/17

Điều kiện kín gió, nước sâu, ít bị sa bồi cho phép nhiều cảng biển lớn đã và đang được quy hoạch xây dựng ở các vũng, vịnh như: Chân Mây, Đà Nẵng, Dung Quất, Quy Nhơn, Văn Phong và đặc biệt là quân cảng ở vịnh Cam Ranh. Với cảnh quan rất đẹp, nước biển trong sạch, bãi tắm tốt, nhiều vũng, vịnh trở thành các trung tâm du lịch nổi tiếng như Chân Mây, Văn Phong, Phan Thiết v.v. Các vịnh là nơi có nhiều khoáng sản quan trọng như: cát thủy tinh, cát xây dựng, đá vôi, đá ốp lát, mỹ nghệ, sa khoáng titan – zircon – monazit, v.v.

- **Cửa sông**

Về hình thái, các vùng cửa sông thuộc 3 nhóm: nhóm dương (positive), nhóm chuyển tiếp (neutral) và nhóm âm (negative). Ở ven bờ Trung Bộ có hai nhóm cửa sông (Bảng 2).

- Nhóm dương có cấu trúc vùng cửa hình tam giác (delta), có xu thế phát triển đồng thời nổi cao (upgradation) và tiến về phía biển (accretion), động lực sông ưu thế so với biển. Điển hình là vùng cửa sông Thu Bồn.
- Nhóm chuyển tiếp thể hiện hình thái cấu trúc cân bằng sông - biển, có doi cát chắn cửa với xu thế đóng kín về mùa khô và mở rộng về mùa mưa, còn gọi là vùng cửa sông liman. Các vùng cửa sông liman thường xuất hiện ở vùng bờ sụt hạ tương đối, năng lượng cao và giàu bồi tích cát dọc bờ. Theo đó, vùng bờ biển miền Trung Việt Nam có mặt phổ biến vùng cửa sông liman, có mặt vùng cửa sông châu thổ dạng nón không điển hình (ví dụ, Cửa Đại), bề dày trầm tích không lớn, lấn biển chậm.

**Bảng 2. Các cửa sông chính ven bờ miền Trung**

TT	Cửa sông	Địa phương	Qui mô	
			Diện tích mặt nước (km <sup>2</sup> )	Độ sâu trung bình/lớn nhất (m)
1	Mã (C. Lạch Trào)	Thanh Hóa	10,5	1,3/3,4
2	Lạch Ghép	Thanh Hóa	5,4	
3	Cả (Cửa Hội)	Nghệ An	12	
4	Rào Cái (Cửa Sắt)	Hà Tĩnh	1	
5	Gianh (C. Gianh)	Quảng Bình	14	
6	Kiến Giang (C. Nhật Lệ)	Quảng Bình	2,5	
7	Thạch Hãn (C. Việt)	Quảng Trị	1,5	
8	Cu Đê	Đà Nẵng	1,8	
9	Hàn	Đà Nẵng	5,4	7,8
10	Cửa Đại	Quảng Nam	5,85	4/8
11	Tam Kỳ	Quảng Nam	17,3	
12	Trà Bồng	Quảng Ngãi	2,9	
13	Sa Kỳ	Quảng Ngãi	3,6	
14	Trà Khúc	Quảng Ngãi	3,7	
15	Lại Giang	Bình Định	1,8	
16	Đà Ràng	Phú Yên	1,8	



- Đầm phá

Ở ven bờ miền Trung Việt Nam có 12 lagun ven bờ điển hình, theo tên gọi địa phương là "đầm" hoặc "phá", từ vĩ độ 16° (Thừa Thiên - Huế) tới 11° (Ninh Thuận), trong đó HDP TG - CH lớn nhất và cũng thuộc loại lớn trên thế giới. Trong hệ thống phân đới các lagun ven bờ đại dương thế giới (*Nichols and Allen, 1981*), các lagun ven bờ miền Trung Việt Nam thuộc nhóm vĩ độ thấp nhiệt đới ẩm. Trong hệ thống phân kiểu bờ biển Việt Nam về địa mạo (*Nguyễn Thanh Sơn và Trịnh Phùng, 1977*), các đầm phá TG - CH, Trường Giang, An Khê, Nước Mặn, Trà Ổ và Nước Ngọt phân bố ở đoạn bờ vũng - vịnh tích tụ - mài mòn đã bị san bằng, trùng với vùng có lượng mưa trên 1 600 mm/năm và bay hơi dưới 1 000 mm/năm. Số còn lại phân bố ở đoạn bờ vũng - vịnh tích tụ - mài mòn đang bị san bằng, trùng với vùng có lượng mưa dưới 1 600 mm/năm và bay hơi trên 1 000 mm/năm.

Trong hệ thống phân loại lagun ven bờ đại dương thế giới (*Nichols and Allen, 1981*), các lagun ven bờ miền Trung Việt Nam không hoàn toàn đồng nhất về kiểu loại với các đầm phá TG - CH, Trường Giang, Thị Nại, Cù Mông, Thủy Triều và đầm Nại mang cả 2 yếu tố hở và kín cục bộ. Các lagun ven bờ thế giới được phân thành 4 kiểu - kiểu cửa sông (estuarine lagoon), kiểu lagun hở (open lagoon), kiểu lagun kín từng phần (partly closed lagoon) và kiểu lagun đóng kín (closed lagoon). Cũng theo nguyên tắc phân loại đó, các lagun ven bờ miền Trung Việt Nam được phân thành 3 kiểu: gần kín: Tam Giang - Cầu Hai, Trường Giang, Thị Nại, v.v.; kín từng phần: Lăng Cô, Nước Mặn, Nước Ngọt, Ô Loan; đóng kín: An Khê, Trà Ổ.

**Bảng 3. Các đầm phá ven bờ miền Trung Việt Nam**

T T	Lagun	Diện tích (km <sup>2</sup> )	Kích thước (km)		Độ sâu (m)		Kích thước cửa (m)		
			Dài	Rộng	T. bình	Lớn nhất	Dài	Rộng	Sâu
1	TG - CH	216	68	1 - 10	1,6	4	100 - 600	350-100	2-11
2	Lăng Cô	16	6,1	4	1,2	2	1.000	150	3-8
3	Trường Giang	36,9	14,7	4	1,1	2	500	500	4
4	An Khê	3,5	2,9	1,1	1,3	2			
5	Nước Mặn	2,8	2,3	1,2	1,0	1,6	300	70	1,5
6	Trà Ổ	14,4	6,2	2,1	1,6	2,2	5.000	150	
7	Nước Ngọt	26,5	8,5	3,1	0,9	1,4	1.000	125	1,6
8	Thị Nại	50	15,6	3,9	1,2	2,5	1.200	900	7
9	Cù Mông	30,2	17,6	2,2	1,6	3,5	300	350	5
10	Ô Loan	18	9,3	1,9		2	6.300	50	1,5
11	Thủy Triều	25,5	17,5	3	1,2			1.000	
12	Nại	8	6	3,5	2,8	3,2	2.500	500	4 - 6

(Ghi chú: TG – Tam Giang; CH – Cầu Hai)

Theo đặc trưng độ mặn khối nước - kết quả của các quá trình động lực bờ và hoàn lưu, các đầm phá ven bờ miền Trung Việt Nam thuộc 3 nhóm lagun ven bờ nước lợ, lợ - nhạt, trong đó có HDP TG - CH, nhóm nước lợ - mặn, trong đó có đầm Nước Ngọt, và đầm Nước Mặn, và nhóm nước mặn - siêu mặn, trong đó có đầm Lăng Cô và đầm Ô Loan.

## **2. Địa hình - địa mạo**

### **2.1. Vùng bờ biển từ Lạch Trường đến Hải Vân (Bắc Trung Bộ)**

- *Vùng bờ biển từ Lạch Trường đến Mũi Ròn*

Vùng bờ bao gồm các đồng bằng Thanh - Nghệ - Tĩnh, xen kẽ với những mũi nhô đá gốc. Trầm tích Đệ tứ bờ rời cấu tạo đới bờ có chiều dày khá lớn, 50 - 150m. Các mũi đá gốc nhô ra biển chiếm tỷ lệ chiều dài bờ nhỏ, cấu tạo từ các đá trầm tích cát kết, cuội kết, bột kết và phun trào axit khá rắn chắc. Trong tân kiến tạo và kiến tạo hiện đại, vùng được nâng nhẹ và bị khống chế bởi hệ thống đứt gãy hướng tây bắc - đông nam gần vuông góc với bờ làm phân dị chế độ nâng hạ đới bờ biển. Đồng bằng ven biển có địa hình khá thấp, 1 - 2 mét, cấu tạo từ các trầm tích cát, cát bột và bùn sét bờ rời. Do vậy, đất đá cấu tạo bờ chủ yếu là nhóm có kết cấu rất yếu với góc ma sát trong  $\Phi = 3^{\circ} - 20^{\circ}$ , lực dính kết  $C = 0 - 0,8 \text{ kg/cm}^2$  và hệ số nén  $a_{1-2} = 0,05 - 0,25 \text{ cm}^2/\text{kg}$ .

Động lực biển ven bờ bị chi phối mạnh bởi sóng, triều và dòng chảy ven bờ gây xói sạt bờ biển. Sóng biển hình hành hai hướng chính là ĐB và TN phụ thuộc vào hướng gió theo mùa, độ cao trung bình của sóng 1,0 - 1,5m. Thủy triều với chế độ nhật triều không đều, có độ lớn đáng kể, khoảng 2,5 - 3,5m, giảm dần từ Thanh Hóa đến Hà Tĩnh. Bão hàng năm có từ 2 - 4 cơn đổ vào dải bờ biển hoặc chịu ảnh hưởng của bão đổ bộ vào bờ Bắc Bộ. Bão vào kỳ triều cường làm nước dâng cao khoảng 1,0 - 1,5m cùng với sóng gây sạt lở bờ biển rất mạnh. Địa hình bờ biển chủ yếu là bãi biển, khá thoải, cấu tạo bằng cát nhỏ, khá rộng, khoảng 200 - 300m. Cấu tạo bãi gồm 2 phần rõ ràng là bãi thấp, rộng, có nhiều val bờ và bãi cao hẹp, thoải. Dọc bờ biển có các cồn cát cao trung bình 3 - 4m, có nơi tới 7m, tạo thành đê ngăn cách nước biển với đồng bằng phía trong của đới bờ. Nhiều đoạn bờ biển thấp, phải đắp đê ngăn nước mặn và các đê biển thường đắp trên bề mặt bãi cát biển bờ rời, rất dễ bị phá hủy khi có xói sạt bờ biển. Hệ thống sông trong vùng gồm các sông Mã, sông Chu, sông Cả... thuộc loại lớn của miền Trung Việt Nam. Tuy nhiên, chúng có lưu vực nhỏ, bắt nguồn từ các vùng núi cao gần bờ, khi có mưa lớn thường xảy ra lũ lụt làm dâng cao mực nước ven bờ, tạo điều kiện thuận lợi cho sóng phá hủy bờ gây xói sạt lở. Các vùng cửa sông có diện tích nhỏ và cửa thoát nước ra biển rất hẹp, bị kẹp giữa hai cồn cát dọc bờ luôn có xu hướng khép lại do dòng bồi tích dọc bờ. Vào mùa khô, lưu lượng nước sông rất nhỏ, chỉ chiếm 10 - 15% so với mùa mưa. Cửa thoát nước ra biển bị thu hẹp vào mùa khô và mở rộng vào mùa mưa. Vì vậy, vào đầu mùa mưa, khi có mưa lũ lớn, thường xảy ra ngập lụt đới bờ và xói sạt bờ biển rất mạnh. Địa hình đáy biển là đáy nông trước delta, bề mặt khá thoải, nghiêng ra

biển, cấu tạo bằng bùn bột nâu đỏ và được bồi tụ đáng kể hàng năm nhờ nguồn phù sa di chuyển dọc bờ từ hệ thống sông Hồng. Như vậy, bờ biển ở đây bồi tụ là chính, xói sạt là phụ và thường xảy ra các cục bộ từng nơi khi thiếu cân bằng bồi tích dọc bờ hoặc biến đổi bất thường của khí hậu.

- *Dải bờ từ Mũi Ròn đến Hải Vân*

Bờ biển kiểu tích tụ – mài mòn do sóng đã được cân bằng (Nguyễn Thanh Sơn và Trịnh Phùng, 1979), hướng TB - ĐN. Vùng bờ biển kéo dài dọc đồng bằng Bình – Trị - Thiên có bề ngang hẹp 10 – 20 km, nơi hẹp nhất chỉ 3 – 4 km, diện tích khoảng 2 200 km<sup>2</sup>. Ở đây có hệ thống đầm phá (cả cổ lẫn hiện đại) và cồn cát có quy mô lớn nhất ở Việt Nam. Tiêu biểu là hệ đầm phá Tam Giang - Cầu Hai dài 68 km, rộng nhất 9 km, hẹp nhất 0,5 km, có diện tích 21 600 ha. Hệ đầm phá này thường thông với biển qua hai cửa Thuận An và Tư Hiền. Tuy nhiên, khi có bão, gió mùa lớn, động lực biển mạnh làm lấp cửa lagun chỉ còn một cửa hoặc khi có mưa lũ lớn tập trung, nước trong lagun phá đê cát ngoài hình thành tới 5 cửa như cơn lũ lịch sử tháng 11 năm 1999 vừa qua.

Trầm tích cấu tạo bờ chủ yếu là cát trung, cát nhỏ, cát bột bờ rời, có chiều dày lớn 60 - 160m, một số đoạn là trầm tích lục nguyên, lớp phủ dung nham bazan ở Vĩnh Linh, Côn Cỏ. Rất ít các núi đá gốc nhô ra biển. Bờ biển có độ cao khoảng 1,0 - 3,0m. Trong Tân kiến tạo và Kiến tạo hiện đại, đới bờ biển có chế độ nâng nhẹ và bị phân dị mạnh do hệ thống đứt gãy hướng TB - ĐN.

Với động lực biển, sóng biển đóng vai trò quan trọng, thịnh hành hướng đông bắc và đông nam, độ cao 1,5 - 2m, sau đó là dòng dọc bờ và thủy triều có độ lớn triều nhỏ, 0,6 - 1,5m. Đới bờ biển có các cửa sông châu thổ nhỏ, hình thành nên dải đồng bằng hẹp ven bờ.

Các dải bãi biển kéo rất dài, không bị các con sông chia cắt. Ví dụ, bờ cát biển từ cửa Nhật Lệ đến Cửa Tùng dài trên 320 km; từ Cửa Việt đến cửa Thuận An dài khoảng 250 km. Dọc bờ có nhiều cồn, đụn cát có độ cao lớn 20 - 30m, có khi 50 - 60m. Bãi biển có đới bãi thấp hẹp và dốc, đới bãi cao rộng và thoải. Dọc bờ biển có các cửa sông hoặc cửa đầm phá cách rất xa nhau và luôn bị sóng và dòng dọc bờ làm chuyển dịch và đóng cửa mở cửa, ví dụ cửa Thuận An ở đầm phá Tam Giang - Cầu Hai. Khi mưa lũ lớn, nước từ lục địa đổ ra biển rất mạnh, có thể gây mở cửa bất thường trên nhiều điểm dọc bờ biển, làm sạt lở bất thường, gây thiệt hại rất lớn đến dân sinh - kinh tế ven bờ. Đáy biển ven bờ thực chất là đồng bằng tích tụ nghiêng thoải, ít được bồi tụ trong quá trình trầm tích hiện đại.

Hiện nay, quá trình xói lở bờ cát diễn ra với cường độ mạnh. Xói lở bờ biển mang tính bất thường, phụ thuộc đáng kể vào mùa lũ từ lục địa. Đã xác định được tổng số 88 điểm xói sạt bờ biển với tổng chiều dài 70 km. Quy mô xói lở bờ nhỏ nhất 0,1 km (Trung Trạch, Bố Trạch, Quảng Bình; Phú Vang, Phong Điền, Phú Lộc tỉnh Thừa Thừa - Huế), lớn nhất 10 km (Gio Linh, Quảng Trị). Tốc độ xói sạt nhỏ nhất 0,25 m/năm (Vĩnh Thạch, Vĩnh Linh, Quảng Trị), lớn nhất 150 m/năm (Hải Dương, Hương Trà, Thừa Thiên - Huế) (Phạm Huy Tiến và nnk, 2000).

## 2.2. Dải bờ từ Hải Vân đến Cà Ná (Trung Trung Bộ)

Bờ biển kiểu tích tụ – mài mòn do sóng (Nguyễn Thanh Sơn và Trịnh Phùng, 1979), cơ bản có 2 hướng chủ đạo: từ Hải Vân đến mũi Ba Làng An có hướng TB - ĐN; từ mũi Ba Làng An đến mũi Cà Ná có hướng á kinh tuyến. Địa hình bờ và đáy đều dốc, chiều rộng đến 30 m nước rất hẹp. Có nhiều mũi đá nhô ra biển tạo thành đảo và bán đảo, thuận lợi cho quá trình hình thành các đầm phá và phát triển của các rạn san hô. Quá trình bờ ưu thế là mài mòn - xói lở.

Phía nam Đà Nẵng là vùng biển hở phía tây Biển Đông, thêm lục địa hẹp, nước sâu, dốc, chia cắt phức tạp và mạng tính phân bậc. Đường đẳng sâu 20 m chạy cách bờ 3 - 5 km, nhiều khi chạy sát các mũi đá gốc nhô ra biển. Do quá trình tích tụ mài mòn đã trải qua nhiều giai đoạn nên các vách đứng dốc không tiếp xúc trực tiếp với biển. Dưới chân chúng là các thềm mài mòn đã bị nâng lên, nhiều nơi bị phủ bởi các bãi tích tụ rộng.

Đoạn bờ từ Qui Nhơn đến mũi Cà Ná có chiều dài bờ biển khoảng 500 km, hướng chung bắc - nam. Đặc trưng là bờ biển rất dốc, chia cắt sâu và ngang đều phức tạp. Lục địa ven bờ là vùng núi trung bình và thấp xen kẽ các đồng bằng tích tụ nhỏ hẹp. Phổ biến các bậc địa hình cao 900 - 1 200m, 600 - 800m, 300 - 400m và thấp hơn 100m. Bậc dưới 100m chủ yếu là đồng bằng tích tụ nguồn gốc aluvi, biển, gió. Các đụn cát do gió rất phổ biến. Các đụn cát đỏ cổ nhất và thường phân bố ở phía nam các bán đảo Hòn Gồm, Cam Ranh, Maviếc. Đây là các đụn đã chết, có khi chúng phủ cả trên sườn đồi cao 200m. Các đụn cát trắng trẻ hơn, thường là các đụn cát cố định và bán di động. Các đụn cát vàng có tuổi trẻ nhất, thường chạy dọc các bãi biển hiện nay và là các đụn di động mạnh nhất. Xen kẽ các mũi nhô cấu tạo bằng đá mac ma và biến chất đâm ra biển theo hướng tây bắc - đông nam là các vịnh nước sâu có chiều dốc chung hướng vào trục các vịnh và nghiêng về biển hở. Độ sâu trung bình của vịnh là 20 - 25m, ở các vịnh sâu là 40 - 50m. Sườn bờ ngấm rất dốc và địa hình rất phức tạp. Đường đẳng sâu 20m chạy sát bờ. Thềm lục địa hẹp và là nơi hẹp nhất Việt Nam.

Từ Hải Vân đến mũi Sa Huỳnh, vùng bờ nâng nhẹ trong tân kiến tạo và kiến tạo hiện đại, tạo nền cho các cửa sông châu thổ bồi lán ra biển. Dọc bờ biển có rất ít mũi đá nhô, hầu hết là các bãi cát gắn liền với đồng bằng có chiều dày trăm tích Đệ tứ khá lớn 60 - 70m, chủ yếu cấu tạo từ cát trung, cát nhỏ và cát bột. Diện tích đồng bằng Trung Trung Bộ (Đà Nẵng - Bình Định) rộng khoảng 4 350 km<sup>2</sup>. Dọc bờ có hệ thống các cửa sông khá lớn như Thu Bồn, Trà Khúc, Tam Kỳ, Trà Bồng và sông Vệ ngăn cách khá xa nhau qua các dải bãi cát biển dài. Hai đồng bằng ven bờ khá rộng là Quảng Nam và Quảng Ngãi, thuộc hai hệ thống sông khá lớn Thu Bồn và Trà Khúc. Sóng là yếu tố động lực biển quan trọng nhất, sau đó là dòng dọc bờ và thủy triều. Hệ thống sông đổ ra biển khá dốc, lưu lượng nước và phù sa không lớn, tập trung chủ yếu vào mùa mưa. Dòng bồi tích dọc bờ đóng vai trò quan trọng nhất đối với ổn định đường bờ. Do các cửa sông khá xa nhau, ví dụ từ cửa Hội An đến cửa Trường Giang khoảng 200 km, dòng bồi tích dọc bờ thường xuyên thu hẹp cửa thoát nước các con sông

lớn Thu Bồn, Trà Khúc và đóng kín cửa sông nhỏ, ví dụ như sông Vệ. Vì vậy, đến mùa mưa thường ngập lụt ven biển và xói sạt nhiều đoạn bờ biển, gây tai biến nghiêm trọng.

*Từ Sa Huỳnh đến Cà Ná*, dải bờ gồm nhiều đồng bằng nhỏ xen kẽ các dãy núi, đồi đá gốc nhô ra biển. Dọc bờ biển có nhiều bán đảo và đảo che chắn bên ngoài làm giảm tác động sóng biển vào bờ, với nhiều đoạn bờ, mũi nhô, bán đảo cấu tạo từ đá gốc rắn chắc, nên khó bị xói lở hoặc xói lở không mạnh. Các bãi biển thường thấp, tựa vào bờ đá gốc. Bờ biển thuộc kiểu mài mòn - tích tụ, nhiều nơi tạo các vách đá dốc đứng và các thềm đá mài mòn. Sóng vẫn là động lực quan trọng nhất tác động trực tiếp quá trình xói sạt, dòng chảy dọc bờ theo mùa mạnh và áp sát bờ là yếu tố chi phối quá trình xói sạt. Do địa hình đáy biển sâu áp sát bờ có độ dốc lớn nhất đối bờ biển Việt Nam, đáy biển đang diễn ra quá trình tích tụ - mài mòn mạnh. Thủy triều độ lớn khá cao 1,2 - 2m, có vai trò quan trọng hình thành các bãi triều trong các vũng - vịnh và lagun ven bờ. Các đồng bằng nhỏ ven biển được tạo nên nhờ hệ thống nhiều sông nhỏ như Lại Giang, La Xiêm, Hà Giao, sông Cái, sông Ba, Trà Đục... có lưu lượng nước và phù sa rất thấp, được đưa ra biển chủ yếu vào mùa mưa và hình thành nên các châu thổ nhỏ dọc bờ. Do có nhiều đảo, bán đảo và mũi đá gốc nhô ra biển, dòng bồi tích dọc bờ tạo thành các doi cát nối đảo khép kín, gập kín, tạo nên các vũng vịnh, đầm phá ven bờ khá kín sóng gió. Đây là vùng bờ tập trung nhiều đầm phá nhất Việt Nam như Trường Giang, An Khê, Trà ỏ, Nước Ngọt, Cù Mông, Ô Loan và Thủy Triều. Hầu hết các đầm phá thường nông, độ sâu trung bình 0,9 - 2,8 m, đã phát triển qua giai đoạn trẻ và đang phát triển ở giai đoạn trưởng thành. Bờ ở các đầm phá, vũng - vịnh cơ bản được bồi tụ, nhưng cửa của chúng có các doi cát chắn, thường bị biến động xói sạt và bồi tụ theo mùa mưa và khô. Tại đoạn bờ này, đã xác định được 114 điểm xói lở bờ biển với tổng chiều dài 119 km và tốc độ xói sạt 109 ha/năm. Có điểm tốc độ xói lở đột biến đạt 250 m/năm như ở Đức Lợi, Đức Mộ, Quảng Ngãi (Phạm Huy Tiến và nnk, 2000).

### **2.3. Dải bờ từ Cà Ná đến Vũng Tàu (Nam Trung Bộ)**

Bờ biển dài 250 km hướng đông bắc - tây nam, là đoạn bờ có hình thái tương đối đơn giản và cấu tạo tương đối đồng nhất. Có thể coi đây là bờ biển tương đối thoải và chia cắt trung bình. Các nhánh núi của khối núi Nam Trung Bộ không hạ trực tiếp xuống biển mà chuyển qua các nhóm đồi thấp và đồng bằng ven biển nguồn gốc aluvi, biển, gió bị chia cắt do hoạt động xâm thực của hệ thống sông suối địa phương. Trong đoạn bờ này có hàng loạt các đụn cát cổ màu đỏ cao tới 200m, có nơi 222m như phía đông thị xã Phan Thiết. Các đụn cát mới và hiện đại màu trắng, màu vàng cao tới 40m. Các bậc địa hình 10 - 15m, 4 - 6m, 1,5 - 2m cũng rất phổ biến. Vùng biển ven bờ là đồng bằng có độ dốc tương đối lớn, phổ biến các dạng địa hình xâm thực cổ bị biển tràn ngập và các thành tạo san hô. Xa hơn nữa về phía nam ngoài khơi gần đảo Phú Quý có các núi lửa ngầm mới phun trong thời gian gần đây.

Bờ biển cấu tạo chủ yếu là đá gốc và các thềm biển cổ cát bờ rời nằm trên nền đá gốc, mặc dù địa hình đáy sâu 20 - 25m áp sát bờ. Địa hình bờ có dạng

cung lồi lõm tạo nên các vịnh Phan Rí, Phan Thiết... Trên bờ lộ rất nhiều khối cát đỏ với quy mô khá lớn, ngoài ra còn có cả đá gốc và trầm tích bờ rời. Sóng là quá trình động lực cơ bản trong việc hình thành và phát triển đường bờ ở đây. Hiện tại, quá trình xói lở - mài mòn cả trên bờ và dưới đáy.

Địa hình đồi và núi áp sát bờ có độ cao trung bình là 25m và gần bờ cao 100 – 500, gồm đá gốc và các tích tụ thêm biển cổ cao 2 - 10m, 10 - 20m, 30 - 50m, 50 - 70m và 100 - 120m. Xen kẽ với chúng là các cửa sông châu thổ nhỏ được cấu tạo chủ yếu là cát nhỏ. Trầm tích Đệ tứ và Neogen phủ trên nền đá gốc dọc bờ biển dày 1 - 20m và ít khi đến 60 - 120m. Bờ biển khá khúc khuỷu, lồi lõm, xen kẽ nhiều mũi nhô bị mài mòn và các khu vực tích tụ cát. Trong Tân kiến tạo và Kiến tạo hiện đại có chế độ nâng yếu và phân dị cao dọc đới bờ. Dọc đới bờ chỉ có hệ thống sông nhỏ, ngắn, dốc và có tổng lưu lượng nước và phù sa rất thấp đưa ra biển. Các cửa sông ven bờ đều là các châu thổ bồi tụ trên phạm vi nhỏ và bị chi phối rất lớn bởi sóng và dòng chảy dọc bờ, thường bị di chuyển hoặc đóng mở cửa theo mùa tùy thuộc vào lượng nước từ lục địa đưa ra và điều kiện động lực biển.

*Từ Cà Ná đến mũi Kê Gà* là khu bờ biển khúc khuỷu nhất với nhiều mũi nhô là đá gốc và địa hình núi khá áp sát bờ biển có độ cao 25 - 26m. Bờ biển với nhiều cung bờ lồi, bãi cát biển nhỏ và hẹp nối liền các mũi nhô. Trong tân kiến tạo và kiến tạo hiện đại có xu hướng nâng vừa, bờ biển bị mài mòn là chủ đạo. Sóng biển vẫn là yếu tố thống trị gây xói sạt lở bờ. Có khá nhiều cửa sông châu thổ tích tụ nhỏ xen kẽ với các mũi nhô và cung bờ lồi như cửa: sông Đá Bạc, sông Lòng Sông, sông Lũng, sông Quao, sông Cái và sông Cà Ti.

*Từ mũi Kê Gà đến Vũng Tàu*, bờ biển khá thẳng và đôi khi có những mũi nhô không lớn tạo thành các bãi cát biển ở cung bờ lồi. Dọc bờ biển đá gốc rất ít khi lộ và thường nằm sâu 0 đến - 7m thậm chí đến - 14m và bên trên là các cồn cát cổ màu đỏ với độ cao trung bình 40 - 60m, cực đại là 82m. Đặc điểm Tân kiến tạo và Kiến tạo hiện đại là nâng yếu, dọc bờ biển có ít các cửa sông nhỏ, chỉ có cửa sông Phan, sông Dinh, sông Ray và sông Du Dủ là các cửa châu thổ bồi tụ là chủ yếu.

Đoạn bờ có tình hình xói sạt diễn biến lâu dài, qui mô không lớn, cường độ mạnh biểu hiện trên chiều dài bờ 78 km. Các đoạn Phước Thử, Liên Hương, cửa sông Phan Rí, xói sạt rất mạnh và có xu hướng gia tăng trong thời gian gần đây.

## II. ĐẶC ĐIỂM ĐỊA CHẤT - ĐỊA MẠO ĐẦM PHÁ TAM GIANG - CẦU HAI

### 1. Vị trí và kiểu loại đầm phá

#### 1.1. Vị trí địa lý

Hệ đầm phá (HĐP) Tam Giang - Cầu Hai (TG - CH) là một loại hình thủy vực ven bờ gần kín có diện tích mặt nước vào khoảng 216 km<sup>2</sup>, chiếm 4,3% tổng diện tích lãnh thổ tỉnh hay 17,2% tổng diện tích đồng bằng Thừa Thiên - Huế. Nằm trong phạm vi 16°16' - 16°40' vĩ bắc và 107°25' - 107°56' kinh đông, ở phần cực nam đồng bằng Bình - Trị - Thiên, HĐP TG - CH kéo dài 68 km dọc bờ biển từ cửa Ô Lâu tới chân núi Vĩnh Phong, bề rộng thay đổi 1 - 10 km, sâu trung bình 1,5 - 2,0m, sâu nhất tới trên 10m ở luồng cửa Thuận An.

HĐP TG - CH liên quan tới 5 huyện ven biển (trong tổng số 8 huyện của tỉnh), gồm Phong Điền, Quảng Điền, Hương Trà, Phú Vang và Phú Lộc. Do có vị trí địa hình đặc biệt, HĐP TG - CH trở thành bồn hội lưu của hầu hết các sông Thừa Thiên (trừ hệ thống sông Xê Xáp ở tây Trường Sơn) trước khi đổ ra biển qua 2 cửa Thuận An và Tư Hiền. Từ phía bắc về phía nam, các sông này bao gồm sông Ô Lâu, Hương, Bồ, Nông, Truồi và Cầu Hai.

#### 1.2. Kiểu loại

HĐP TG - CH là một lagun ven bờ nước lợ gần kín điển hình ở vùng vĩ độ thấp nhiệt đới ẩm. Lagun ven bờ (coastal lagoon), theo *Phleger (1981)*, là một loại hình thủy vực ven bờ nước lợ, mặn hoặc siêu mặn, được ngăn cách với biển bởi một đê cát và có cửa (inlet) ăn thông với biển phía ngoài. Cửa có thể mở thường xuyên hoặc định kỳ về mùa mưa, thậm chí bị đóng kín nhưng vẫn trao đổi với biển phía ngoài nhờ thẩm thấu hay chảy thấm qua chính đê cát chắn.

### 2. Địa chất khu vực

#### 2.1. Kiến tạo

Hệ đầm phá TG - CH nằm trong đới sụt hạ tương đối trong Đệ tứ với tốc độ sụt hạ trung bình 0,12 - 0,15 mm/năm (*Lê Đức An và Ma Kông Cọ 1979*), tiếp xúc với khối nâng tây Huế (tốc độ vận động 0,3 mm/năm) qua ranh giới gần trùng với quốc lộ I (*Nguyễn Đình Hòa và nnk, 1995*) và với khối nâng Bạch Mã có tốc độ 0,3 mm/năm ở phía nam. Toàn bộ khu vực bị phá hủy mạnh bởi đứt gãy hiện đại phát sinh từ hệ đứt gãy sâu A Lưới, các hệ đứt gãy phát sinh cục bộ thuộc hệ đứt gãy Hải Vân - Sơn Trà (*Nguyễn Cảnh và nnk, 1992, 1995*). Đặc trưng nhất của các đới phá hủy hiện đại ở đây là các đứt gãy trượt theo phương.

Các hệ đứt gãy phân nhánh từ hệ đứt gãy sâu A Lưới gồm hệ đứt gãy Phò Trạch, hệ đứt gãy Huế còn gọi là đứt gãy Đakrong - nam Huế (*Văn Đức Chương và nnk, 1994*), và hệ đứt gãy Rào Trăng. Đây là hệ đứt gãy trượt phải định

phương á vĩ tuyến. Các đứt gãy ở đây điển hình là đứt gãy sông Tả Trạch định hướng á kinh tuyến (BTB - NĐN), biểu hiện trượt phải cắt qua phá Tam Giang, và hệ đứt gãy sông Hữu Trạch định hướng đông bắc - tây nam, có biểu hiện trượt trái cắt qua đầm Thủy Tú. Thuộc hệ đứt gãy Hải Vân - Sơn Trà, các đứt gãy chính có phương đông bắc - tây nam, chia cắt mạnh mẽ khối Bạch Mã ở phía nam và có biểu hiện trượt phải. Nhìn chung các hệ đứt gãy phá hủy các thành tạo khu vực đầm phá đều có chung một trường ứng suất có trục nén ép á kinh tuyến. Các hệ đứt gãy tham gia tích cực vào quá trình phá hủy và các vận động nâng phân dị, nhờ đó mà đầm phá TG - CH đã hình thành trên đới sụt hạ tương đối trong Đệ tứ.

Trong quá trình phát triển, hệ đầm phá bị ảnh hưởng sâu sắc bởi chế độ kiến tạo khu vực. Vận động nâng và hoạt động đứt gãy hiện đại đã làm xuất hiện các vòm nâng cục bộ gây biến dạng cấu trúc mạng lưới dòng chảy đổ vào đầm phá và làm thay đổi hoàn lưu, động thái của đầm phá. Phú Cam là một chi lưu lớn của sông Hương từ Huế đổ về đầm Cầu Hai qua sông Đại Giang. Sông này đóng vai trò vừa là nguồn cung cấp bồi tích cho khu vực Thủy Châu, Thủy Lương, Lộc Bồn, Lộc An, vừa là nguồn cung cấp gián tiếp cho cửa Tư Hiền. Hoạt động nâng cục bộ dạng vòm (Thủy Thanh) ở đây đã cắt đứt và làm gián đoạn các hợp lưu sông Đại Giang, kể cả sông Phú Cam. Vì vậy, người ta phải đào kênh Phú Cam vào đầu thế kỷ nhằm chia lũ từ sông Hương. Ở hạ lưu sông Hương, các vòm nâng cục bộ, đặc biệt là vòm Phú Vang đã tác động trực tiếp vào cơ chế uốn khúc của chủ lưu, gây gián đoạn các hội lưu mà quan trọng nhất là chi lưu Phú Vang bắt đầu từ thôn La Ý. Hoạt động phá hủy kiến tạo hiện đại khu vực đầm phá đã phân vị thành một số đơn vị kiến trúc sau:

- *Vùng nâng khối tảng, bao gồm:* khối tây Huế, tiếp giáp phía tây nam đầm phá, có ranh giới trùng với quốc lộ IA và Khối Bạch Mã, tiếp giáp với phía tây và tây nam đầm Cầu Hai.
- *Vùng sụt hạ tương đối, ứng với phần đồng bằng ven biển, trong đó có:* bồn trũng cục bộ cửa sông Hương, được ngăn cách bởi hệ đứt gãy Tả Trạch (trượt phải) ở phía tây và đứt gãy Hữu Trạch (trượt trái) ở phía đông, trong đó tồn tại vòm nâng Phú Vang và Bồn trũng cục bộ Cầu Hai.

Phần còn lại (Tam Giang và Thủy Tú) sụt hạ tương đối, trong đó có vòm nâng cục bộ Thủy Thanh, An Hòa và Hải Thanh

Xét trên bình đồ kiến trúc khu vực, có thể phân chia các thành tạo địa chất khu vực thành các đơn vị kiến trúc trên cơ sở sự thành tạo chúng trong chế độ kiến tạo, ứng với các pha khác nhau (Nguyễn Hữu Cử, 1994).

1 - Tầng kiến trúc dưới, gồm toàn bộ các thành tạo móng Hexinit. Ở qui mô kiến trúc Bắc Trung Bộ, tầng này phủ lên tầng kiến trúc Tiền Cambri.

2 - Tầng kiến trúc trên, gồm toàn bộ lớp phủ Kainozoi và được chia thành 3 phụ tầng kiến trúc sau:



- Phụ tầng kiến trúc dưới, gồm các trầm tích tuổi Neogen và Plioxen Pleistoxen sớm
- Phụ tầng kiến trúc giữa, gồm các trầm tích tuổi Pleistoxen giữa - muộn và Pleistoxen muộn.
- Phụ tầng kiến trúc trên, gồm các trầm tích tuổi Holoxen

## 2.2. Địa tầng

Các thành tạo địa chất khu vực Huế trước Kainozoi có bề dày đạt tới 5.000 - 7.300m lộ ra ở phía tây và tây nam có đá filit, quaczit, cuội kết, đá hoa, đá phiến sét, đá phiến mica, đá phiến lục và porfiroid thuộc hệ tầng A Vương ( $\epsilon - O_1av$ ), đá phiến sét, cát kết, cuội kết và andezit thuộc hệ tầng Long Đại ( $O - Sld$ ), đá phiến sét, đá vôi, bột kết và cát kết thuộc hệ tầng Tân Lâm ( $D_{1-2tl}$ ) và đá vôi thuộc hệ tầng Cô Bai ( $D_{2-3cb}$ ).

Các thành tạo địa chất Kainozoi phủ lên bề mặt xâm thực - bóc mòn các thành tạo cổ thuộc hệ tầng Tân Lâm hoặc Cô Bai đã được thiết lập từ trước Kainozoi. Bề dày lớp phủ Kainozoi thay đổi rất nhanh từ 43m ở khu vực đầm phá (Phạm Huy Thông, 1994). Lót đáy của lớp phủ Kainozoi là các trầm tích vụn thô xen các tập cát bột, bột kết, sét kết nguồn gốc sông - biển có chứa di tích thực vật hóa than và phấn hoa hạt kín của Đước (*Rhizophora*) và Bần (*Sonneratia*) thuộc hệ tầng Đồng Hới (Ndh) và trầm tích tuổi Plioxen - Pleistoxen sớm ( $N_2 - Q_1$ ). Trên đó là các trầm tích sông (cuội, sạn, sỏi, sét loang lổ), có chứa phấn hoa thực vật ngập mặn *Rhizophora* và *Sonneratia* trong các lớp sét, tuổi Pleistoxen giữa - muộn (a, am  $Q_{II-III}$ ). Tiếp lên trên là các trầm tích cát bột lẫn sét màu xám hoặc loang lổ, nguồn gốc sông - biển và trầm tích cát màu vàng nâu, vàng nghệ có độ mài tròn tốt nguồn gốc biển, tuổi Pleistoxen muộn (am, m(v)  $Q_{III}^2$ ). Trên cùng là các trầm tích đa nguồn gốc, tuổi Holoxen (a, am, ab, mv, m  $Q_{IV}^3$ ), trong đó có trầm tích của hệ đầm phá, trầm tích Holoxen nói chung có thể đạt tới bề dày 47m.

## 2.3. Macma

Các đá macma xâm nhập khu vực này khá đa dạng, có từ axit tới kiềm. tuổi từ Pleozoi giữa tới Kainozoi sớm, bao gồm:

- Đá granit dạng gnei và granodiorit thuộc phức hệ Đại Lộc ( $\gamma_3dl$ ), tuổi Devon sớm, chỉ lộ ra ở phía tây Huế.
- Đá gabro - olivin và gabronorit thuộc phức hệ Núi Chúa ( $v_3nc$ ), tuổi Triat muộn, lộ ra thành những dải đồi nhỏ phía tây đầm Cầu Hai.
- Đá granit biotit và granit hai nica thuộc phức hệ Hải Vân ( $\gamma_4hv$ ), tuổi Triat muộn tạo nên dải núi Bạch Mã cao đồ sộ ở phía nam đầm Cầu Hai.
- Đá gabro - diorit, và grano - diorit thuộc phức hệ Bến Giàng - Quế Sơn ( $\delta_4 - \gamma_4bq$ ), tuổi Pecmi muộn, lộ hạn chế ở phía tây.

- Đá granit - granosienit và sienit thuộc phức hệ Bản Chiềng ( $\gamma\epsilon^3_5bc$ ), tuổi Paleogen, lộ ra ở ngã ba sông Tả Trạch và Hữu Trạch.

### 3. Trầm tích hiện đại

#### 3.1. Tổng quan

Ở hệ đầm phá, hàng năm ước tính có khoảng 1,1 triệu tấn bùn cát được đưa vào từ các nguồn, trong đó từ sông đưa ra 56,2%, từ biển đưa vào 2,8% và từ thêm đụn, cồn bãi ven rìa đầm phá đưa xuống 41%. Trong số bùn cát đưa vào hệ, có khoảng 29,8% đưa ra biển chủ yếu qua các cửa Thuận An. Số còn lại khoảng 774 nghìn tấn, tương đương 516 nghìn  $m^3$  lắng đọng trong đầm phá (Bảng 4).

**Bảng 4. Ước tính lượng bồi tích từ các loại nguồn ở khu vực đầm phá Tam Giang - Cầu Hai (nghìn tấn/năm)**

Nguồn bồi tích	Hàm lượng
Bồi tích sông tải vào đầm phá	620
Bồi tích từ biển đưa vào qua các cửa	31
Bồi tích từ cồn bãi, thêm ven đầm phá	452
Bồi tích đưa ra biển qua cửa	329
Tổng bồi tích đưa vào	1 103
Tổng bồi tích đưa ra	329
Bồi tích lắng đọng trong phá	774

Trầm tích đầm phá bao gồm các loại từ cát lớn đến bùn sét phân bố theo quy luật độ hạt mịn dần từ bờ xuống sâu. Cát lớn - cát trung phân bố hạn chế ở rìa các đầm phá và lòng cửa lạch và cát nhỏ phổ biến ở các bãi triều ven đầm phá. Bột lớn có diện phân bố lớn nhất ở đáy đầm phá, sau đó là bùn bột nhỏ phân bố ở trung tâm lòng chảo hoặc dọc các trục sâu. Bùn sét bột, sét phân bố rất hạn chế ở đầm Cầu Hai, nhưng lại khá phổ biến ở dải trung tâm đầm Lăng Cô. Màu sắc trầm tích phổ biến màu xám đen, xám xanh chỉ thị cho môi trường khử, giàu mùn bã hữu cơ. Ở gần cửa sông, luồng lạch, màu sắc trầm tích xám vàng, vàng nhạt hoặc nâu xám. Các khoáng vật nhẹ chủ yếu là Thạch anh, Fenspat, Mica. Hàm lượng Fenspat thường 5 - 10%, có khi 30%. Các khoáng vật nặng thường gặp trong trầm tích đáy đầm có đến 20 loại, đặc trưng là Hoblen, Amphibon, Pyroxen, Epidot, Tuamalin, Zircon, Kyanit, Granat, Monazit với hàm lượng thường dưới 1% trong cấp hạt bột lớn - cát. Ở đầm Cầu Hai khá phổ biến các hạt keo tụ trong trầm tích. Khoáng vật tại sinh Pyrit cũng thường xuất hiện. Khoáng vật này chỉ thị cho môi trường địa hóa khử, tương ứng với tỷ số  $Fe^{3+}/Fe^{2+} = 0,38 - 0,83$ . Lượng cacbon hữu cơ trong trầm tích trung bình 0,95% đạt đến 2,5%. Các giá trị trung bình của Nitơ tổng số 0,10%, Photpho ( $P_2O_5$ ) tổng số 0,17% và Photpho dễ tan 1,55 mg/100g đất khô cho thấy dinh dưỡng trong trầm tích khá nghèo và có biến động cao hơn một chút khi cửa Tu Hiền bị lấp. Môi trường lắng

động trầm tích đầm phá yên tĩnh, cột nước nông (trung bình 1 - 2m), động lực tích tụ là dòng triều và dòng chảy sông lũ (Nguyễn Chu Hồi, Đỗ Nam và nnk, 1996).

### 3.2. Thành phần cơ học

#### 3.2.1. Thành phần độ hạt

Trầm tích mặt đáy vùng đầm phá gồm các loại từ bùn sét đến cát. Sự thay đổi về thành phần cơ học cũng như phân bố phụ thuộc các khu vực khác nhau: lòng đầm phá, lạch cửa và bãi biển bờ ngoài đầm phá.

*Trầm tích cát:* có mặt từ cát lớn đến cát nhỏ. Trong đó, cát lớn và cát trung màu vàng nhạt, nâu vàng, phân bố ở cồn cát chắn ngoài, bãi ngoài đầm phá, các lạch cửa Thuận An, Tư Hiền và bãi hẹp (rộng 5 - 10m) ven chân núi Đá Bạch. Trầm tích chọn lọc tốt tốt đến trung bình, giá trị Md tập trung ở phân cấp hạt nhỏ hơn (bảng 5). Ở những nơi đang bị xói lở mạnh thành phần hạt thô ưu thế (0,5 - 1 mm và > 1 mm). Cát nhỏ phủ hầu hết các bãi triều trong đầm phá và lòng lạch cửa sông Hương, Thuận An, các phân thấp của bãi biển thuộc bờ ngoài đầm phá. Riêng đầm Sam, diện tích phân bố cát nhỏ chiếm đến 3/5 diện tích đáy đầm.

**Bảng 5. Đặc trưng cơ học trầm tích cát vùng đầm phá**

Cát lớn - cát trung				Cát nhỏ			
Khu vực	Bãi/ lòng lạch	Md (mm)	So	Khu vực	Bãi/ lòng lạch	Md (mm)	So
Q. Lợi	Phía TG	0,484	1,5	TG	Bãi	0,151	1,5
Điền Lộ	-nt	0,251	1,3	Thủy Tú	Bãi V.Xuân	0,190	1,4
Thuận An	Cửa	0,291	1,2	Câu Hai	Bãi Truồi	0,168	1,4
	Bãi biển	0,290	1,3	Thuận An	Bãi Cửa	0,221	1,4
Sg. Hương	Lạch Cửa	0,261	1,3	Sông Hương	Lòng sông	0,238	1,4
Vinh Xuân	Phía biển	0,287	1,3	Tư Hiền	Cửa lấp	0,247	1,4
	Phía đầm	0,285	1,3		Phú Mỹ	0,122	2,1
Tư Hiền	Cửa	0,304	1,3	Đầm Sam	Bãi giữa	0,147	1,8
Câu Hai	Đá Bạch	0,362	1,5		Phú Thuận	0,101	1,6

*Trầm tích bùn bột:* gồm bột lớn với Md tập trung trong khoảng 0,069 – 0,079 mm, chọn lọc kém dần theo hướng từ Tam Giang đến Câu Hai (So = 1,7 – 2,5), Bùn bột nhỏ có Md tập trung trong khoảng 0,027 – 0,029 mm, chọn lọc trung bình với So = 2,2 – 3,4 (bảng 6). Hàm lượng ba cấp hạt cơ bản > 0,05 mm; 0,05 – 0,01 mm và < 0,01 mm ở Tam Giang tương đương nhau, trong khi đó ở Thủy Tú - Câu Hai ưu thế thuộc về hai cấp hạt > 0,05 và < 0,01 mm; hàm lượng cấp hạt 0,05 – 0,01 mm chỉ dưới 30% ở Thủy Tú và Câu Hai.

*Trầm tích bùn sét:* hiếm gặp trong đầm phá, phân bố thành các dải nhỏ rải rác ở Tam Giang, Thủy Tú và Cầu Hai với độ sâu 5 - 7m (Tam Giang và Thủy Tú), 2,0 – 2,5m (Cầu Hai). Trầm tích này gồm bùn sét bột và bùn sét có màu xám xanh lục đặc trưng. Có sự tương đồng về hàm lượng các cấp hạt ở hai khu vực Tam Giang và Thủy Tú, nhưng ở đầm Cầu Hai hàm lượng các cấp hạt < 0,01 mm ưu thế hơn hẳn 71,49% (Bảng 7). Giá trị Md giảm từ Tam Giang đến Cầu Hai nhưng độ chọn lọc trầm tích ở Cầu Hai lại tốt hơn và đặc biệt hàm lượng mùn bã ở đây cũng rất cao (~ 20%).

**Bảng 6. Đặc trưng cơ học trầm tích bùn bột vùng đầm phá**

Khu vực	Md (mm)	So	Loại	Khu vực	Md (mm)	So	Loại
TG	0,079	1,7	Bột lớn	TG	0,028	3,4	B. bột nhỏ
Thủy Tú	0,079	2,5	-nt-	Thủy Tú	0,027	3,1	-nt-
CH	0,069	2,3	-nt-	CH	0,029	2,3	-nt-

Ghi chú: TG - Tam Giang, CH - Cầu Hai

**Bảng 7. Thành phần độ hạt và các đặc trưng cơ học trầm tích bùn sét vùng đầm phá**

Khu vực	Thành phần độ hạt (%)			Md	So
	> 0,1 mm	0,1 - 0,01 mm	< 0,01 mm		
Tam Giang	1,30	49,82	48,68	0,010	5,0
Thủy Tú	2,15	41,91	55,94	0,007	9,7
Cầu Hai	5,50	23,01	71,49	0,005	2,7

Nhìn chung, trầm tích mặt đáy lòng đầm phá phân dị theo độ sâu: kích thước hạt trung bình giảm khi độ sâu tăng. Tuy nhiên quy luật này không áp dụng cho những nơi đang chịu ảnh hưởng mạnh của các nhân tố động lực ngoại sinh như vùng cửa đầm phá (Tư Hiền, Thuận An) và cửa sông Hương. Thành phần cơ học trầm tích cũng biến đổi mạnh theo mùa, thường giá trị Md của trầm tích đầm phá lớn về mùa mưa, tức là trầm tích thô hơn. Kết quả khảo sát và phân tích trong năm 1999 thể hiện rõ điều này: hầu hết các khu vực của đầm phá được phủ bởi loại trầm tích bột lớn vào mùa khô thì đến mùa mưa đều có mặt trầm tích cát nhỏ. Sự biến động này có thể liên quan trực tiếp đến điều kiện động lực đầm phá và dòng bùn cát do sông cung cấp: về mùa khô, điều kiện động lực yên tĩnh hơn, tạo điều kiện lắng đọng các hạt mịn do phù sa sông đưa ra. Đến mùa mưa, lượng phù sa lớn hơn và thành phần hạt thô trong trầm tích từ sông cũng lớn hơn. Dòng chảy mạnh mùa mưa lũ xói mòn trầm tích hạt mịn lắng đọng mùa khô, hoặc tích tụ vật liệu thô hơn ở các bãi cạn, gò ngầm, phân rìa lòng lạch.

### 3.2.2. Độ ướt trầm tích

Độ ướt trong trầm tích mặt đáy (*Bảng 9*) phản ánh độ chặt xít của trầm tích. Độ ẩm gián tiếp thể hiện độ hạt trầm tích lắng đọng và sự nén chặt trầm tích qua thời gian lắng đọng và sự có mặt của vật chất hữu cơ. Độ ẩm là một thông số có ý nghĩa đối với nghiên cứu habitat và động lực lắng đọng.

Độ ẩm trầm tích đáy đầm phá thay đổi trong khoảng rất rộng (*Bảng 8*) từ 21,8 đến 81,8%, trung bình 40 - 48% phụ thuộc vào các loại trầm tích ở các khu vực khác nhau. Theo các loại trầm tích, độ ẩm thường thấp ở các trầm tích cát ở các lạch cửa, delta triều, bãi bồi, rất cao ở trầm tích cửa sông, lòng chảo đầm phá thành phần cát bùn, bùn sét giàu mùn bã hữu cơ.

Theo khu vực, độ ẩm trung bình toàn đầm phá 43,4%, cao nhất ở Tam Giang (48,2%), giảm dần xuống An Truyền - Thủy Tú (43%) và thấp nhất ở Cầu Hai (40%). Khu vực cồn Hợp Châu có độ ẩm thuộc loại thấp nhất (23,6%), khu vực Ba Cồn có độ ẩm tương đối thấp (42,1%), thấp hơn mức trung bình toàn đầm phá. So sánh biến động mùa khô (7/1999) và mùa mưa (10/1999) và sau lũ lịch sử (10/2000), biến động độ ẩm không lớn như giá trị Md và tỷ lệ cấp hạt > 0,05 mm. So sánh mùa mưa với mùa khô năm 1999, độ ẩm toàn đầm phá tăng không lớn, trong đó có tăng đáng kể ở An Truyền - Thủy Tú và giảm ở Cầu Hai. Độ ẩm gần ổn định ở cồn Hợp Châu và giảm đáng kể ở Ba Cồn. Ở Cầu Hai, Hợp Châu, Ba Cồn có sự phù hợp giữa độ ẩm và tăng Md. Ở Thủy Tú và Tam Giang, độ ẩm tăng trong khi Md cũng tăng có lẽ do quá trình tái lắng đọng tích cực.

So sánh mùa mưa trước lũ lịch sử (10/1999) và mùa mưa sau lũ lịch sử (10/2000) thấy rằng độ ẩm toàn đầm phá có xu hướng giảm, trong đó giảm mạnh ở Thủy Tú, Cầu Hai, giảm rất ít ở Hợp Châu, Ba Cồn. Riêng Tam Giang có độ ẩm tăng mạnh. Xu hướng giảm độ ẩm cùng với giảm giá trị Md khó giải thích. Có lẽ nơi độ ẩm biến động mạnh do vật liệu mịn và khả năng tái bồi, tái xói mạnh.

**Bảng 8. Giá trị độ ẩm trong trầm tích mặt đáy đầm phá**

TT	Khu vực	Khoảng	TB	7/1999	10/1999	10/2000
1	Toàn đầm phá	21.75 - 70.72	43.38	42.56	45.90	41.68
2	Tam Giang	27.56 - 70.72	48.22	39.21	43.60	61.86
3	An Truyền - T. Tú	21.75 - 64.32	42.96	39.55	55.17	34.18
4	Cầu Hai	25.22 - 62.02	39.98	48.92	42.03	29.00
5	Cồn Hợp Châu	21.75 - 24.58	23.58	24.58	24.46	21.75
6	Ba Cồn	34.10 - 57.44	42.10	57.44	34.57	34.10

### 3.3. Khoáng vật nặng trong trầm tích đáy

Trong trầm tích đáy đầm phá, khoáng vật nặng tập trung chủ yếu trong cấp hạt 0,2 - 0,63 mm với hàm lượng cao phát hiện được ở các cửa đầm phá (Bảng 6). Có một số tổ hợp khoáng vật nặng đặc trưng cho trầm tích đáy theo các khu vực như sau: *Hocblen - Amphibon - Pyroxen - Epidot* đặc trưng cho các khu vực hạ lưu sông Hương, tây bắc Thủy Tú, đông nam Tam Giang và vùng cửa sông Truôi - Đại Giang với các tỉ số Fenspat/Thạch anh = 0,2 - 0,3; Hocblen(H)/Pyroxen = 2,1 - 2,3. Hai tổ hợp khoáng vật nặng đặc trưng cho trầm tích cửa Thuận An là *Hocblen - Tremolit - Epidot* và *Kyanit - Staurolit - Granat* thể hiện tương tác sông biển trong quá trình lắng đọng trầm tích. Pirit tái sinh xuất hiện tại một số điểm ở trước cửa sông Hương, nhánh sông Bồ và đông nam Cầu Hai.

Trong trầm tích bãi biển ven cồn cát chắn ngoài phía đông nam cửa Thuận An và tây bắc cửa Tư Hiền, khoáng vật nặng tích tụ thành dải rộng 1 - 2m, dày 1 - 10cm, dài 5 - 10m. Chiều dày của các dải khoáng vật nặng này đều giảm dần về phía lạch cửa và hàm lượng khoáng vật nặng cũng giảm dần theo hướng này, từ 50% xuống 8,89% ở Thuận An và 20% xuống 1,23% ở Tư Hiền. Đây là một trong những dấu hiệu thể hiện sự di chuyển bồi tích dọc bờ trong khu vực.

**Bảng 9. Khoáng vật nặng (KVN) trong bùn cát đáy vùng đầm phá**

Khu vực	Hàm lượng KVN (%)	Tổ hợp khoáng vật nặng đặc trưng	Ghi chú
Hạ lưu sông Hương	2,50		Có pirit tái sinh trước cửa sông Hương
Nam Tam Giang	0,75	Hocblen – Amphibon – Pyroxen - Epidot	
Cửa Thuận An	5,13	Hocblen - Tremolit - Epidot và Kyanit – Staurolit - Granat	
Cửa sông Ô Lâu	0,62	Xilimanit - Granat - Kyanit	
Đầm Sam	0,50	Tuamalin - Zircon, Kyanit - Granat và Monazit - Zirthorit	
Tây bắc Thủy Tú	0,42	Hocblen – Amphibon – Pyroxen - Epidot	
Đông nam Thủy Tú	0,23		
Cửa Tư Hiền	3,83		
Đầm Cầu Hai	0,29		Có pirit tái sinh ở phía đông nam
Cửa sông Truôi - Đại Giang	3,04	Hocblen – Amphibon – Pyroxen - Epidot	
Bãi biển cửa Thuận An	50 - 8,89		Hàm lượng giảm về phía lạch cửa
Bãi biển cửa Tư Hiền	20 - 1,23		Hàm lượng giảm về phía lạch cửa

### 3.4. Đặc điểm địa hoá trầm tích đáy

#### 3.4.1. Thế ô xy hoá - khử

Để xem xét tính khử của môi trường trầm tích, hàm lượng  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$  và  $Mn^{2+}$  và đặc biệt tỷ số  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$  đã được phân tích và đánh giá (Bảng 10) qua đó thấy rằng trong trầm tích mặt đáy đầm phá hàm lượng  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Mn^{2+}$  ở đầm Cầu Hai cao hơn cả, đồng thời trong trầm tích ở các vùng cửa sông, hàm lượng các yếu tố trên thấp nhất ở khu vực cửa sông Hương. Tỷ số  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  trong hầu hết trầm tích đáy đầm phá nhỏ hơn 1, thể hiện tính khử vừa các đầm phá và tính khử yếu ở các vùng cửa sông. Tuy vậy ở từng khu vực tính khử cũng khác nhau. Nhìn chung ở các lạch đầm phá hay cửa sông nơi trao đổi nước tốt, môi trường thoáng khí hơn như ở lạch Tam Giang (mà có những điểm tỷ số  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  đạt trên 1.6), Thủy Tú và các cửa sông Hương, Truồi và Ô Lâu với tỷ số  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  trong khoảng 0.7 - 1.0. Môi trường yếm khí hơn là đáy đầm Cầu Hai, đầm Sam và ven rìa Tam Giang. Ở đầm Sam hàm lượng  $Fe^{3+}$  rất thấp (0.005 - 0.008%) có mẫu dạng vết và tỷ số  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  nhỏ hơn 0.3, có khả năng xuất hiện  $H_2S$  trong trầm tích đáy.

Môi trường địa hóa trầm tích bề mặt đáy khu vực đầm phá thể hiện tính khử yếu hay mạnh phụ thuộc vào sự trao đổi nước tốt hay kém và liên quan đến các sông đổ vào từng khu vực đầm phá.

**Bảng 10. Giá trị trung bình các yếu tố môi trường trầm tích trong đầm phá**  
(Nguyễn Đức Cự, 1996)

Kiểu vực nước	Khu vực	$Fe^{2+}$ (%)	$Fe^{3+}$ (%)	$Fe^{3+}/Fe^{2+}$ (%)	$Mn^{2+}$ (%)
Lòng đầm phá	Tam Giang	0.42	0.61	0.69	0.0184
	Thủy Tú	0.37	0.98	0.38	0.0136
	Cầu Hai	0.90	1.49	0.60	0.0392
Cửa sông	Ô Lâu	0.47	0.63	0.74	0.0120
	Hương	0.25	0.33	0.83	0.0059
	Truồi	1.22	1.59	0.76	0.0255

Ghi chú:  $Fe^{3+}/Fe^{2+} = 0.7 - 1.0$  Khử yếu  
 $Fe^{3+}/Fe^{2+} = 0.3 - 0.7$  Khử vừa  
 $Fe^{3+}/Fe^{2+} < 0.3$  Khử mạnh

#### 3.4.2. Dinh dưỡng trong trầm tích

Dinh dưỡng trong trầm tích đáy, có vai trò quan trọng với tư cách là nguồn vào của vật chất trong quá trình vô cơ hóa vật chất lắng đọng, tích lũy ở đáy đầm phá để tạo thành dinh dưỡng cung cấp cho thực vật phù du, rong tảo và cỏ nước, tạo nên năng suất sơ cấp cho hệ sinh thái. Một phần vật chất dinh dưỡng trong trầm tích, nhất là các hợp chất cacbon hữu cơ được một số loài động vật, kể cả các loài kinh tế thủy sản sử dụng trực tiếp. Trong khuôn khổ của đề tài, báo cáo

trình bày đặc điểm của các chất dinh dưỡng quan trọng là cacbon hữu cơ ( $C_{h/c}$ ), phosphat tan ( $P - PO_4$ ) và Ni tơ tổng số (bao gồm các dạng  $NO_3 - NO_2^-$  và  $NH_4^+$ )

- **Cacbon hữu cơ ( $C_{h/c}$ )**

Theo *Nguyễn Đức Cự (1996)* hàm lượng cacbon hữu cơ rất khác nhau trong toàn bộ đầm phá. Hàm lượng  $C_{h/c}$  cao nhất tập trung ở vùng cửa sông Ô Lâu, trung bình 2.0 - 2.8%. Đây là vùng cửa sông giàu dinh dưỡng có phát triển phong phú cỏ nước, sự tăng cao hàm lượng  $C_{h/c}$  ở đây liên quan đến mùn bã hữu cơ từ cỏ nước vùng cửa sông Ô Lâu. Ngoài ra, hàm lượng  $C_{h/c}$  còn có mức hàm lượng cao từ 1.0 - 2.0% phân bố dọc lòng các đầm phá TG, Thủy Tú và CH. Mức hàm lượng cao trùng vào diện tích sâu của đầm phá lớn hơn 1m và trùng với phân bố trầm tích hạt mịn. Trong cửa sông Hương, hàm lượng  $C_{h/c}$  có giá trị rất thấp, hầu hết các mẫu phân tích đều đạt giá trị nhỏ hơn 0.5%.

Hàm lượng  $C_{h/c}$  phân tích xác định được giá trị trong khoảng 0.3 - 2.5%, trung bình đạt 0,95%. So sánh hàm lượng  $C_{h/c}$  có trong trầm tích bề mặt của đầm phá với các vùng cửa sông Việt Nam, thì chúng có hàm lượng rất thấp, chỉ bằng 1/2 các vùng cửa sông châu thổ sông Hồng, Cửu Long và bằng 1/2 - 1/3 các vùng cửa sông hình phễu Bạch Đằng, Đồng Nai. Hàm lượng  $C_{h/c}$  trong đầm phá Tam Giang - Cầu Hai không cao có lẽ liên quan đến trầm tích trong đầm phá rất thô chủ yếu là cát bột, bột cát và bột. Trầm tích thô và ít sét, khả năng hấp phụ  $C_{h/c}$  trong trầm tích kém. Hơn nữa, khi mùn bã hữu cơ lắng đọng trong trầm tích rất dễ dàng bị quá trình phân hủy vô cơ hóa nhanh. Đây cũng là một yếu tố quan trọng tăng nhanh tốc độ lưu chuyển chu trình dinh dưỡng trong hệ đầm phá ven bờ miền Trung Việt Nam nói chung và Tam Giang - Cầu Hai nói riêng. Tính trung bình, hàm lượng  $C_{h/c}$  có giá trị cao nhất trong đầm phá Tam Giang sau đến Thủy Tú và thấp nhất tại đầm Cầu Hai.

Điều này cũng phù hợp với hiện trạng cỏ nước nhạt phát triển khá tốt trong đầm Tam Giang. So sánh hàm lượng  $C_{h/c}$  trong các cửa sông trong đầm phá Tam Giang - Cầu Hai, chúng ta cũng nhận thấy rất rõ hàm lượng tăng cao trong cửa sông Ô Lâu thuộc phá Tam Giang, sau đến cửa sông Đại Giang thuộc đầm Cầu Hai và thấp nhất cửa sông Hương.

Như vậy, ở nơi nào phát triển tốt cỏ nước và rong tảo ở nơi đó có phân bố hàm lượng  $C_{h/c}$  cao trong trầm tích, chứng tỏ mùn bã hữu cơ trong trầm tích có liên quan chặt chẽ với hệ sinh thái cỏ nước. Nếu so sánh hàm lượng  $C_{h/c}$  trong trầm tích các cửa sông và các đầm trong đầm phá TG - CH, thì trầm tích các cửa sông có hàm lượng  $C_{h/c}$  cao hơn.

Những kết quả điều tra, phân tích trong các năm 1999 - 2000 (*Bảng 11*) cho thấy hàm lượng  $C_{h/c}$  trong trầm tích đáy đầm phá dao động trong khoảng 0 - 2.4%, trung bình 0,81%. Cao nhất là ở Tam Giang (trung bình 1.07%) rồi đến Cầu Hai (0.77%), thấp nhất là An Truyền - Thủy Tú (0.55%). Lượng  $C_{h/c}$  khá cao ở Ba Cồn (0.62%) và khá thấp ở Hợp Châu (0.28%).



**Bảng 11. Hàm lượng cacbon hữu cơ (%) trong trầm tích mặt đáy  
đầm phá (thời gian 1999 - 2000)**

TT	Khu vực	Khoảng	TB	7/1999	10/1999	10/2000
1	Toàn đầm phá	0 - 2.39	0.81	0.33	0.94	1.16
2	Tam Giang	0 - 2.26	1.07	0.29	1.65	1.28
3	An Truyền - T. Tú	0.02 - 1.41	0.55	0.21	0.62	0.82
4	Cầu Hai	0.22 - 0.86	0.77	0.49	0.55	1.26
5	Cồn Hợp Châu	0.02 - 0.54	0.28	0.02	0.54	0.28
6	Ba Cồn	0.30 - 0.78	0.62	0.30	0.79	0.76

Nếu xem xét kết quả phân tích theo chuỗi thời gian, thấy rằng hàm lượng  $C_{h/c}$  trong trầm tích rất thay đổi, phản ánh tính động lực cao của các quá trình vật lý và hóa sinh tại đây. Điều đó phản ánh khả năng chuyển hóa vật chất rất tích cực của hệ sinh thái cũng như tính chất không ổn định của nó.

So sánh kết quả mùa khô và mùa mưa năm 1999 cho thấy hàm lượng  $C_{h/c}$  rất thấp về mùa khô, cao hơn hẳn về mùa mưa. Mức chênh lệch này gần 3 lần trên toàn đầm phá, hơn 5 lần ở Tam Giang. Nói chung, hàm lượng  $C_{h/c}$  trung bình ở tất cả các khu vực vào mùa khô đều dưới 0,5%, cao nhất ở Cầu Hai cũng chỉ 0,49%, các khu vực còn lại trong khoảng 0.2 - 0.3% và cồn Hợp Châu chỉ 0,02%. Về mùa mưa, tất cả các giá trị trung bình có được đều vượt 0,5%, cao nhất 1,65% ở Tam Giang, các khu vực còn lại trong khoảng 0,5 - 0,6%, ngay cả cồn Hợp Châu cũng đạt 0,54%. Nguồn cung cấp  $C_{h/c}$  trong trầm tích đáy đầm phá chủ yếu là tại chỗ do rong tảo, cỏ nước. Vào mùa mưa, độ mặn đầm phá hạ rất thấp, đặc biệt vào năm 1995 - 1999 khi cửa Vinh Hiền bị lấp, vào mùa mưa khối nước nhạt thống trị trên toàn đầm phá. Vì thế rong tảo, cỏ nước nhạt rất phát triển. Vào mùa khô, kéo dài tháng 3 - 8, khi độ mặn tăng cao, chúng chết hàng loạt và tích lũy trong trầm tích mặt đáy. Vì vậy, vào đầu mùa mưa (10/199) hàm lượng  $C_{h/c}$  trong trầm tích tăng cao.

So sánh mùa mưa trước lũ lịch sử (10/1999) với mùa mưa sau lũ lịch sử (10/2000) thấy rằng, hàm lượng trung bình  $C_{h/c}$  toàn đầm phá tăng chút ít. Trong đó, tăng mạnh ở Cầu Hai, tăng khá mạnh ở Thủy Tú và giảm ở Tam Giang. Hàm lượng  $C_{h/c}$  giảm ở Ba Cồn, và giảm nhiều ở cồn Hợp Châu. Ở Tam Giang qua hai thời điểm hàm lượng  $C_{h/c}$  trung bình giảm từ 1.65% xuống 1.28% là thuận với giá trị Md tăng và hàm lượng hạt thô trong trầm tích tăng. Ở Cầu Hai  $C_{h/c}$ , tăng mạnh từ 0.55 lên 1.26% cũng là thuận với giá trị Md giảm hơn 2 lần và thành phần hạt mịn trong trầm tích tăng lên. Ở Thủy Tú  $C_{h/c}$ , tăng cũng phù hợp với Md giảm. Ở cồn Hợp Châu và Ba Cồn, lượng  $C_{h/c}$  giảm cũng liên quan đến giá trị Md tăng.

- **Dinh dưỡng photpho**

Hàm lượng photpho có trong trầm tích chủ yếu liên quan đến mùn bã hữu cơ thực vật và vỏ động vật, ngoài ra có một nguồn quan trọng là các sản phẩm phong hóa từ lục địa được đưa ra từ các cửa sông dưới dạng phù sa lơ lửng, hấp phụ trong các keo sét mà dạng chính là  $\text{FePO}_4$  (Nguyễn Đức Cự, 1996).

- *Photpho tổng số ( $\text{P}_2\text{O}_5\text{ts}$ )*

Hàm lượng photpho tổng số ( $\text{P}_2\text{O}_5\text{ts}$ ) của trầm tích trong đầm phá dao động 0.07 - 0.25%, trung bình đạt 0.17% là khá cao so với trầm tích các cửa sông ven bờ Việt Nam. Dạng tổng số photpho phân bố cũng tương tự như  $\text{N}_{\text{ts}}$  và  $\text{C}_{\text{h/c}}$  đều có sự tập trung cao nhất ở hai cửa sông Ô Lâu và sông Truôi với mức hàm lượng lớn hơn 0,20%. Mức hàm lượng cao tiếp theo 0.15 - 0.20% phân bố dọc lòng các đầm, trên trầm tích hạt mịn: bùn sét, bùn bột và bột ở độ sâu lớn hơn 1m. Hàm lượng thấp trong các khoảng 0.10 - 0.15% và nhỏ hơn 0.10% phân bố trong trầm tích bột cát và cát bột xung quanh ven bờ la gun. So sánh hàm lượng  $\text{P}_2\text{O}_5\text{ts}$  của các đầm ta nhận thấy chúng có hàm lượng cao khá đồng đều nhau, nhưng trong các cửa sông thì khác biệt rất rõ. Hàm lượng  $\text{P}_2\text{O}_5\text{ts}$  cao nhất trong cửa sông Truôi 0.305% và thấp nhất vùng cửa sông Hương 0.158% và cửa sông Ô Lâu 0.21%.

Trong phá Tam Giang và cửa sông Ô Lâu tuy giàu mùn bã hữu cơ và dinh dưỡng Nitơ nhưng hàm lượng  $\text{P}_2\text{O}_5\text{ts}$  không cao và không đồng biến hoàn toàn theo  $\text{C}_{\text{h/c}}$  và Nitơ. Tuy nhiên hàm lượng  $\text{P}_2\text{O}_5\text{ts}$  có quy luật chung là tăng cao trong các vùng cửa sông tương tự như  $\text{C}_{\text{h/c}}$  và Nitơ. Riêng cửa sông Hương luôn có hàm lượng  $\text{P}_2\text{O}_5\text{ts}$ ,  $\text{C}_{\text{h/c}}$  và Nitơ thấp.

- *Photpho tan ( $\text{P} - \text{PO}_4$ )*

Số liệu phân tích từ mẫu thu được trong các đợt khảo sát 1999 - 2000 cho thấy hàm lượng dinh dưỡng photpho tan ( $\text{P} - \text{PO}_4$ ) thay đổi rất khác nhau, từ nghèo đến phong phú (trong khoảng 0.02 - 1.073 mg/kg) ở các khu vực khác nhau. Trong đó, giá trị trung bình toàn đầm phá của  $\text{P} - \text{PO}_4$  là 0.3406 mg/kg, cao nhất ở Tam Giang (0.4294 mg/kg), tiếp đến là An Truyền - Thủy Tú (0.3449 mg/kg) và thấp nhất là ở Cầu Hai (0.2584 mg/kg). Ở các điểm cụ thể, nơi tập trung nguồn giống hàm lượng  $\text{P} - \text{PO}_4$  càng thấp, trung bình ở Ba Cồn 0.02275 mg/kg và cồn Hợp Châu 0.2348 mg/kg (Bảng 12).

So sánh thời điểm mùa khô và mùa mưa 1999, thấy rằng hàm lượng  $\text{P} - \text{PO}_4$  có xu thế chung tăng mạnh trên toàn đầm phá từ 0.0836 mg/kg lên 0.3213 mg/kg, ở các khu vực khác nhau, mức độ tăng 2 - 5 lần. Riêng chỉ ở cồn Hợp Châu,  $\text{P} - \text{PO}_4$  có hàm lượng thấp, chỉ 0.043 mg/kg vào mùa khô và tăng chỉ 2 lần vào mùa mưa. Mùa khô cao nhất ở Thủy Tú, còn mùa mưa cao nhất ở Tam Giang. Sự tăng cao  $\text{P} - \text{PO}_4$  vào mùa mưa trong trầm tích có thể liên quan đến nguồn cung cấp từ lục địa và nguồn gốc cung cấp tại chỗ từ sinh vật kể cả động

và thực vật, do nhiều loại thích nghi lợ, mặn bị chết hàng loạt vào đầu mùa mưa do ngọt hóa.

**Bảng 12. Hàm lượng photpho tan P- PO<sub>4</sub> (mg/kg) trong trầm tích đầm phá Tam Giang - Cầu Hai theo số liệu điều tra vào 1999 - 2000**

TT	Khu vực	Khoảng	TB	7/1999	10/1999	10/2000
1	Toàn đầm phá	0.02 - 1.073	0.3406	0.0836	0.3213	0.6168
2	Tam Giang	0.04 - 1.073	0.4294	0.086	0.4919	0.7103
3	An Truyền - T. Tú	0.037 - 0.977	0.3449	0.099	0.2187	0.7169
4	Cầu Hai	0.028 - 0.535	0.2584	0.066	0.2533	0.4562
5	Cồn Hợp Châu	0.043 - 0.562	0.2348	0.043	0.0997	0.5618
6	Ba Cồn	0.028 - 0.375	0.2275	0.028	0.2795	0.3750

So sánh mùa mưa 1999 với mùa mưa 2000 (qua lũ lịch sử 11/1999), thấy rằng P - PO<sub>4</sub> trên toàn đầm phá có xu thế tăng, khoảng gần 2 lần, thứ tự hàm lượng giảm dần từ Tam Giang xuống Thủy Tú và Cầu Hai. Sự gia tăng mạnh nhất khu vực An Truyền - Thủy Tú, trong đó có địa điểm cồn Hợp Châu. Sự gia tăng này có thể giải thích bằng nguồn cung cấp bổ sung nguồn photpho từ lục địa đáng kể qua trận lũ lịch sử và sự gia tăng độ mặn đáng kể trên toàn đầm phá do lũ cải tạo lại cửa Thuận An, mở cửa Hòa Duân và mở lại cửa Tư Hiền.

Như vậy, cả hàm lượng phopho tổng số P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> và photpho dễ tan P - PO<sub>4</sub> đều có xu hướng tăng cao ở Tam Giang, trung bình ở An Truyền - Thủy Tú và thấp nhất ở đầm Cầu Hai. Điều này phản ánh ảnh hưởng của vật chất từ sông đến 3 khu vực này khác nhau, những biến động mùa và biến động qua lũ cũng phản ánh ảnh hưởng của sông và sự thay đổi độ mặn gây chết sinh vật đáy ưa nhạt tạo nên tích lũy photpho trong đất.

• **Dinh dưỡng Nitơ**

Nitơ có một vai trò quan trọng trong quá trình dinh dưỡng ở đầm phá. Nguồn Nitơ trong trầm tích là từ các chất hữu cơ có trong trầm tích và các chất vô cơ chứa Nitơ trong quá trình vô cơ hóa tạo ra các ion muối NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> và NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. Ngoài ra, Nitơ trong trầm tích còn quan hệ đến hàm lượng Nitơ trong nước và không khí được vi sinh vật cố định đạm tích lũy vào trầm tích.

- *Hàm lượng Nitơ tổng số (N<sub>ts</sub>%)*

Nitơ tổng số bao gồm Nitơ có trong mùn bã hữu cơ hòa tan, không hòa tan và Nitơ vô cơ có trong trầm tích. Theo Nguyễn Đức Cự (1996) hàm lượng Nitơ tổng số (N<sub>ts</sub>) có hàm lượng cao nhất tại hai vùng cửa sông Ô Lâu và Đại Giang. Hàm lượng cao nhất đạt mức 0.15 - 0.25% thành một dải kéo dài từ Cửa sông Ô Lâu dọc lòng đầm phá đến cửa sông Hương phía cửa Thuận An. Phía đầm Cầu Hai hàm lượng cao nhất là khu vực nhỏ trước cửa sông Đại Giang. Mức hàm

lượng từ 0.10 - 1.5% phân bố dọc lòng đầm phá và đi vào sát bờ hàm lượng giảm từ mức 0.05 - 0.10% đến 0.05%. Ven bờ đầm phá có mức hàm lượng  $N_{ts}$  thấp nhất liên quan đến trầm tích hạt thô. Bức tranh phân bố hàm lượng  $N_{ts}$  tương tự như phân bố hàm lượng  $C_{h/c}$ . Trong trầm tích mịn bao gồm bùn sét, bùn bột, bột dọc lòng đầm phá ở độ sâu trên 1.0m là nơi phân bố hàm lượng  $N_{ts}$  cao hơn 0.1%. Điều này chứng tỏ hàm lượng  $N_{ts}$  có liên quan chặt chẽ với  $C_{h/c}$  trong trầm tích. So sánh hàm lượng  $N_{ts}$  của các đầm và cửa sông trong đầm phá Tam Giang - Cầu Hai có sự khác nhau rất rõ. Trong các khu vực, hàm lượng  $N_{ts}$  cao nhất trong trầm tích phá Tam Giang còn đầm Thủy Tú và Cầu Hai có hàm lượng trung bình gần tương tự.

Trong các cửa sông, hàm lượng  $N_{ts}$  cao nhất cũng tại cửa sông Ô Lâu thuộc đầm Tam Giang và thấp nhất cửa sông Hương. Trong đầm Cầu Hai hàm lượng  $N_{ts}$  không cao, nhưng cửa sông Đại Giang thuộc đầm lại có hàm lượng cao liên quan đến mùn bã hữu cơ cỏ biển tại khu vực cửa sông này.

Trong các cửa sông, hàm lượng  $N_{ts}$  cao nhất cũng tại cửa sông Ô Lâu thuộc đầm Tam Giang và thấp nhất cửa sông Hương. Trong đầm Cầu Hai hàm lượng  $N_{ts}$  không cao, nhưng cửa sông Đại Giang thuộc đầm lại có hàm lượng cao liên quan đến mùn bã hữu cơ cỏ biển tại khu vực cửa sông này.

*- Hàm lượng Nitơ hòa tan*

Các kết quả phân tích lượng Nitơ hòa tan được thực hiện với hai giá trị  $N - NO_2^- + NO_3^-$  và  $N - NH_4^+$ . Bảng 13 cho thấy giá trị trung bình của hai chỉ tiêu này ở các khu vực khác nhau vào mùa khô 1999, mùa mưa 1999 và mùa mưa năm 2000.

**Bảng 13. Hàm lượng  $N - NO_2^- + NO_3^-$  và  $N - NH_4^+$  (mg/kg) trong trầm tích mặt đầm phá thời gian 1999 - 2000**

Yếu tố	Thời gian	Toàn đầm phá	Tam Giang	A.Truyền - T.Tú	Cầu Hai	Hợp Châu	Ba Cồn
$N_{NO_2+NO_3}$	7/1999	0.3237	0.2593	0.3021	0.4096	0.2050	0.5840
	10/1999	0.3003	0.3652	0.3236	0.2120	0.2392	0.2318
	10/2000	0.6430	0.5326	0.7931	0.5664	0.5969	0.3409
$N_{NH_4}$	7/1999	8.4291	12.2465	10.8042	2.2366	50.1920	2.6870
	10/1999	35.5894	90.8586	9.0713	6.8384	17.2744	6.6461
	10/2000	109.2039	188.1448	68.7569	97.0234	128.0684	41.3258

Tổng hàm lượng Nitơ tan  $N (NO_2^- + NO_3^- + NH_4^+)$  thay đổi trong khoảng rất lớn trong đầm phá 0.92 - 260.76 mg/kg, trung bình 51.50 mg/kg. Tuy nhiên, giá trị này chủ yếu của của  $N - NH_4^+$ ; còn  $N - NO_2^- + NO_3^-$  chỉ chiếm trung bình 0.82% tổng số, với mức 0.42 mg/kg, trong khi  $N - NH_4^+$  là 51.07 mg/kg. Vì vậy, biến động tổng giá trị hàm lượng Nitơ tan  $N (NO_2^- + NO_3^- + NH_4^+)$  do giá trị  $N - NH_4^+$  quyết định (Bảng 13 và 14).

**Bảng 14. Tổng lượng N - NO<sub>2</sub><sup>-</sup> + NO<sub>3</sub><sup>-</sup> và N- NH<sub>4</sub><sup>-</sup> (mg/kg) trong trầm tích  
mặt đầm phá thời gian 1999 - 2000**

TT	Khu vực	Khoảng	TB	7/1999	10/1999	10/2000
1	Toàn đầm phá	0.919 - 260.7595	51.4965	8.7528	35.8897	109.8469
2	Tam Giang	4.630 - 260.7592	97.4705	12.5058	91.2283	188.6774
3	An Truyền - T. Tú	0.919 - 172.8032	30.0171	11.1063	9.3949	69.5500
4	Cầu Hai	1.194 - 197.4761	35.7622	2.6465	7.0504	97.5898
5	Cồn Hợp Châu	17.5136 - 50.397	65.5253	50.397	17.5136	128.6653
6	Ba Cồn	3.271 - 79.1939	17.2719	3.271	6.8779	41.6667

Vào mùa khô 7/1999, N- NO<sub>2</sub>+NO<sub>3</sub> toàn đầm phá có giá trị trung bình 0.32 mg/kg ở toàn đầm phá, cao dần từ Tam Giang đến Cầu Hai, cao nhất ở điểm Ba Cồn (0.58 mg/kg), thấp nhất ở cồn Hợp Châu (0.21 mg/kg). Trong khi đó, giá trị Nitơ tổng trung bình đầm phá 8.75 mg/kg, lại cao nhất ở Tam Giang, thấp nhất ở Cầu Hai, cao nhất ở Hợp Châu, rất thấp ở Ba Cồn.

Vào mùa mưa 10/1999, N- NO<sub>2</sub>+NO<sub>3</sub> toàn đầm phá có giá trị trung bình 0,30 mg/kg ở toàn đầm phá, thấp dần từ Tam Giang đến Cầu Hai, có mức thấp 0,24 mg/kg ở Hợp Châu và 0,23 mg/kg ở Ba Cồn. Trong khi đó, giá trị Nitơ tổng trong đầm phá 35.89 mg/kg vẫn cao nhất và hơn hẳn ở Tam Giang, thấp nhất ở Cầu Hai, ở mức thấp (17.51 mg/kg) tại Hợp Châu và rất thấp tại điểm Ba Cồn (6.88 mg/kg).

Vào mùa mưa 10/2000, giá trị N- NO<sub>2</sub>+NO<sub>3</sub> trên đầm phá tăng khoảng 2 lần so với kỳ trước. Thủy Tú là nơi cao nhất và Tam Giang thấp nhất. Cồn Hợp Châu ở mức khá cao còn Ba Cồn rất thấp. Trong khi đó, giá trị Nitơ tổng số đầm phá trung bình đạt 109.85 mg/kg, cao nhất ở Tam Giang, thấp nhất ở Thủy Tú, cao ở Hợp Châu, thấp ở Ba Cồn, nhưng tất cả đều ở mức cao.

Xét Nitơ tan tổng N- NO<sub>2</sub>+NO<sub>3</sub>+NH<sub>4</sub>, theo giá trị trung bình 3 kỳ, cao nhất ở Tam Giang, thấp nhất ở Thủy Tú, ở mức cao với Hợp Châu và ở mức thấp với Ba Cồn. Nếu xét theo thời gian, tổng N- NO<sub>2</sub>+NO<sub>3</sub>+NH<sub>4</sub> thấp vào mùa khô 1999, cao vào mùa mưa 1999 và rất cao vào mùa mưa 2000. Trong xu hướng chung này, chỉ có Thủy Tú, giá trị Nitơ tan tổng có giảm chút ít vào mùa mưa 1999 so với mùa khô 1999, nhưng cũng tăng vọt vào mùa mưa 2000. Những biến động rất lớn về Nitơ hoà tan trong trầm tích không chỉ đơn giản liên quan đến các quá trình sinh hóa tích cực mà còn do những biến động động lực vật lý của môi trường. Dù sao thì sự tăng cao đáng kể cả N - NO<sub>2</sub> + NO<sub>3</sub> và Nitơ tan tổng qua mùa lũ lịch sử tháng 11/1999 là một ghi nhận rõ ràng trên toàn đầm phá, kể cả các khu vực giàu và nghèo dinh dưỡng.

### 3.5. Môi trường lắng đọng trầm tích

Kết hợp giữa tính chất của môi trường địa hóa với quá trình lắng đọng trầm tích có thể phân chia môi trường trầm tích đầm phá thành 4 phụ kiểu với 8 dạng - cấp môi trường trầm tích nhỏ nhất như sau (Trần Đình Lân và cộng sự, 1996):

Môi trường lắng đọng trầm tích trong hệ đầm phá với những đặc điểm tự nhiên đặc trưng cho kiểu môi trường lagun thuộc phức hệ môi trường ven bờ khá điển hình. Kiểu môi trường này bao gồm 4 phụ kiểu và 8 dạng (Bảng 15). Trong đó phụ kiểu môi trường lòng đầm phá rất đặc trưng cho môi trường trầm tích lagun (Trần Đình Lân và nnk, 1996).

**Bảng 15. Một số đặc trưng của môi trường trầm tích hiện đại đầm phá Tam Giang – Cầu Hai**

Phụ kiểu	Dạng môi trường	Màu sắc	Độ ứot (%)	Md (mm)	So	Động lực tích tụ
Cửa sông châu thổ đầm phá	Cửa sông hoạt động	Đen, xám đen	81,8	0,009 - 0,081 (0,064-0,081)	1,3 - 7,6 (1,5 - 2,5)	Sông
	Cửa sông chết	Đen, xám đen, nâu	47,1	0,081 - 0,147	1,4 - 2,1	Triều - sông
Đầm phá	Bãi bồi đầm phá	Nâu xám, xám nâu, nâu vàng	< 50	0,097 - 0,713	1,5 - 1,8	Triều - dòng lũ
	Lòng lạch đầm phá	Xám xanh lục, xám nâu	30 - 60	0,007 - 0,088 (0,010-0,041)	1,6 - 9,7 (2,0 - 5,4)	Triều - sông
	Đầm	Xám xanh lục	63,9	0,005 - 0,065 (0,013-0,054)	1,2 - 8,2 (2,5 - 5,2)	Dòng triều, dòng gió, sóng
Cửa sông	Lòng sông	Xám nâu, nâu vàng	< 50	0,177 - 0,298	1,2 - 1,4	Sóng, dòng triều lên
Cửa đầm phá	Lạch cửa	Vàng nhạt, nâu vàng	< 30	0,221 - 0,362	1,3 - 1,5	Triều
	Delta triều	Vàng nhạt, nâu vàng	< 30	0,247 - 0,304	1,3 - 1,4	Triều

Ghi chú: Số trong ( ) chỉ giá trị phổ biến

Phụ kiểu môi trường cửa sông châu thổ trong đầm phá gồm 2 dạng: môi trường cửa sông đang hoạt động và môi trường cửa sông ngừng hoạt động.

*Dạng môi trường cửa sông đang hoạt động* tồn tại ở các vùng cửa sông Ô Lâu, Truồi. Hình thái giống như một vi châu thổ với các bãi bồi nổi cao trước cửa sông, độ sâu đạt đến 0,5 - 1,0 m, lắng đọng các loại trầm tích chính là cát nhỏ, bột lớn màu xám đen, đen. Trầm tích chứa nhiều mùn bã hữu cơ (đến 20%). Tổ hợp khoáng vật đặc trưng: *Hocblen - Amphibon - Pyroxen - Epidot* cho vùng

Truôi và Đại Giang, *Xilimanit - Granat - Kyanit* cho vùng Ô Lâu. Đặc trưng môi trường địa hóa trầm tích mang tính khử vừa với tỷ số  $Fe^{3+}/Fe^{2+} = 0,75 - 0,77$ . Quá trình lắng đọng trầm tích chịu chi phối của động lực sông là chủ yếu.

*Dạng môi trường cửa sông ngừng hoạt động* điển hình là khu vực đầm Sam, trước kia là cửa của một chi lưu của sông Hương nay đã bị tàn lấp. Hình thái bồn trũng khá đẳng thước với độ sâu không quá 1m, phổ biến là 0,5m và các bãi bồi cao 0,1 - 0,3m thường xuyên bị ngập triều. Trầm tích mặt là các loại cát nhỏ, bột lớn màu xám đen, đen, xám nâu. Hàm lượng cấp hạt cát luôn trên 30%. Tổ hợp khoáng vật: *Tuamalin - Zircon, Kyanit - Granat* và *Monazit - Zirconit* đặc trưng cho các hoạt động tái lắng đọng trầm tích từ các nguồn xung quanh. Môi trường địa hóa trầm tích thể hiện yếm khí với tỷ số  $Fe^{3+}/Fe^{2+} < 0,3$  rất phổ biến, có khả năng xuất hiện khí  $H_2S$  trong trầm tích. Tổ hợp các yếu tố trên cho thấy yếu tố động lực lắng đọng trầm tích thống trị hiện nay là triều, dòng triều đóng vai trò phân bố và tái lắng đọng trầm tích, ngoài ra còn có một phần vai trò quan trọng của sông.

*Phụ kiểu môi trường lòng đầm phá* gồm 3 dạng: bãi bồi đầm phá, lòng lạch đầm phá, lòng chảo đầm.

*Dạng môi trường bãi bồi đầm phá* phát triển ven bờ từ Tam Giang đến Cầu Hai, bề ngang bãi thay đổi từ vài chục đến vài trăm mét thậm chí trên 1.000m. Độ dốc mặt bãi lớn ở khu vực Thủy Tú, rất nhỏ ở khu vực Tam Giang và Cầu Hai. Dạng môi trường này phát triển trong phạm vi mực nước thấp nhất về mùa khô và cao nhất về mùa mưa trong đầm phá. Trầm tích chủ yếu loại cát, bột lớn màu xám nâu, nâu xám, vàng. Tổ hợp khoáng vật tương tự dạng môi trường cửa sông ngừng hoạt động, đặc trưng cho nguồn cung cấp từ ven bờ đầm phá và hoạt động tái lắng đọng trầm tích. Môi trường địa hóa trầm tích thể hiện tính yếm khí với tỷ số  $Fe^{3+}/Fe^{2+} < 1$ . Các nhân tố động lực trầm tích chính là triều và dòng lũ, ngoài ra còn có sóng trong đầm phá.

*Dạng môi trường lòng lạch đầm phá* rất đặc trưng với hình thái mặt cắt ngang dạng chữ "U" ở Tam Giang và dạng chữ "V" ở Thủy Tú. Độ sâu đáy lạch thường đạt từ 4 - 7m. Các loại trầm tích hạt mịn bao gồm bùn bột và bùn sét bột - bùn sét xám xanh lục, xám nâu. Tổ hợp khoáng vật đặc trưng: *Hocblen - Amphibon - Pyroxen - Epidot*, giàu biotit màu đỏ và Fenpat, thể hiện ảnh hưởng của nguồn cung cấp từ sông Hương, ngoại trừ phần nam Thủy Tú. Môi trường địa hóa trầm tích tương đối thoáng khí với tỷ số  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  phần lớn  $> 1$ . Triều và sông là hai nhân tố chính điều khiển quá trình lắng đọng trầm tích, ngoài ra dòng chảy trong đầm cũng có vai trò đáng kể.

*Dạng môi trường lòng chảo đầm* đặc trưng là đầm Cầu Hai với hình dạng khá đẳng thước, đáy dạng lòng chảo nông với đáy chảo lệch về phía lục địa đạt độ sâu 2 - 2,5m. Trầm tích hạt mịn phổ biến gồm các loại từ bùn bột đến bùn sét bột - bùn sét màu xám xanh lục điển hình. Trong trầm tích đáy còn có các hạt trầm tích kết bông với thành phần giàu vật chất hữu cơ, màu đen, rất đặc trưng

cho môi trường này. Vai trò của sóng gió và các hoàn lưu do gió trong phạm vi đầm thể hiện khá rõ trong sự phân bố và lắng đọng trầm tích.

*Phụ kiểu môi trường cửa sông*, đặc trưng là vùng cửa sông Hương, tuy nhiên ảnh hưởng của sông này rất rộng nên khó phân định các dạng. Trong phần này chỉ xác định dạng môi trường lòng sông - lạch triều có ranh giới rõ ràng. Lòng sông Hương gần như được nối thẳng ra biển từ khi cửa Thuận An được mở. Hiện nay lòng sông khá rộng nhưng không sâu, sâu nhất chỉ 3 - 5m. Trầm tích đáy bao gồm các loại cát trung, cát nhỏ màu nâu vàng, xám nâu với các đặc trưng phân bố  $Md = 0,177 - 0,298$ ,  $So = 1,2 - 1,4$ . Tổ hợp khoáng vật sông Hương đặc trưng: *Hocblen - Ampibon - Pyroxen - Epidot*, giàu biotit màu đỏ và Fenpat, đại diện cho nguồn gốc vật liệu từ quá trình phong hóa các đá gốc vùng thượng nguồn hệ thống sông Thừa Thiên - Huế. Động lực sông đóng vai trò chính, ngoài ra còn có vai trò của dòng triều lên.

*Phụ kiểu môi trường cửa đầm phá* bao gồm hai dạng: lạch cửa và delta triều.

*Dạng lạch cửa* có mặt cắt ngang rất thay đổi, thường dạng "U" sâu ở phía đầm phá (10 - 12m ở cửa Thuận An) và nông dần ra phía biển (3 - 4m ở cửa Thuận An). Trầm tích là các loại cát trung, cát nhỏ màu vàng nhạt, xám vàng với các đặc trưng phân bố như trong (bảng 15). Tổ hợp khoáng vật đặc trưng nguồn gốc biển - sông của vật liệu: *Hocblen - Kyanit - Staurolit* và đặc trưng cho nguồn gốc biển: *Tuamalin - Kyanit - Granat - Epidot*. Động lực ưu thế là triều, có một phần đóng góp của sông và sóng biển.

*Dạng delta triều* gồm các delta triều lên ở cửa Tư Hiền và delta triều xuống ở cửa Thuận An cấu tạo từ trầm tích cát nhỏ màu vàng, nâu vàng với các đặc trưng:  $Md = 0,247 - 0,304$  mm,  $So = 1,3 - 1,4$ . Tổ hợp khoáng vật tương tự dạng lạch cửa. Động lực tích tụ trầm tích là triều, ảnh hưởng của sóng và dòng dọc bờ cũng đáng kể đối với delta triều xuống ở cửa Thuận An.

## **4. Địa hình - địa mạo**

### **4.1. Đặc điểm chung hình thái địa hình**

#### **4.1.1. Đặc điểm lưu vực**

Lưu vực của các sông đổ vào HDP TG - CH có địa hình phức tạp và tương phản cao, gồm 4 vùng nối tiếp từ lục địa ra biển có độ cao và độ dốc giảm dần: vùng núi cao trên 250m đến 1.400m, độ dốc 4,5%; vùng đồi cao 25 - 250m, độ dốc trung bình 1,1%; vùng đồng bằng thoải, độ dốc trung bình 0,1%; Tổng diện tích lưu vực của các sông đổ vào đầm phá gần 4.000 km<sup>2</sup>, trong đó sông Hương gồm 3 nhánh Tả Trạch, Hữu Trạch và sông Bồ gần 3.000 km<sup>2</sup>, sông Ô Lâu: 300 km<sup>2</sup>, sông Đại Giang: 180 km<sup>2</sup>, sông Nông: 66 km<sup>2</sup>, sông Cầu Hai: 50 km<sup>2</sup>. Mật độ sông trên lưu vực khoảng 0,1km dài/km<sup>2</sup> và phân bố khá đều. Sông Hương có mật độ 0,75 km/km<sup>2</sup> lưu vực, độ dốc phổ biến 11 - 12%. Vùng biển ven bờ tới độ sâu 30m rộng trung bình 17 km và không có đảo chắn.



#### 4.1.2. Cấu trúc đầm phá và hình thái các đơn vị cấu trúc

Hệ đầm phá TG - CH rộng 216 km<sup>2</sup>, gồm 4 đơn vị cấu trúc cơ bản: 1- Vực nước; 2- Đê cát chắn; 3 - Cửa; 4 - Bờ sau lagun. Mỗi đơn vị cấu trúc có chức năng riêng nhưng chúng liên hệ với nhau quyết định sự tồn tại, hình thái, kiểu loại, động thái phát triển và tiến hóa của hệ tự nhiên thống nhất tương đối.

- **Vực nước**

Vực nước kéo dài 68 km song song với đường bờ từ cửa Ô Lâu đến chân núi Vĩnh Phong, rộng 1 - 10 km, sâu trung bình 1,0 - 2,0 m và sâu nhất trên 10m ở cửa Thuận An, vực nước hợp thành bởi các bộ phận có tên gọi phá Tam Giang từ cửa Ô Lâu tới cửa sông Hương, Đầm Sam - An Truyền ở phía nam sông Hương (gọi tắt là đầm Sam), đầm Thủy Tú - Hà Truyền (gọi tắt là đầm Thủy Tú) và đầm Cầu Hai ở tận cùng phía nam.

Phá Tam Giang dài khoảng 27 km, rộng trung bình 2 km, rộng nhất 3,5 km và hẹp nhất 0,6 km, diện tích khoảng 52 km<sup>2</sup>, độ sâu trung bình 2m, tạo thành một lạch triều ngậm sâu dần về phía cửa Thuận An tới 4 - 5m. Đầm Sam có hình dáng tương đối đẳng thước với diện tích vào khoảng 16,2 km<sup>2</sup>. Phần ĐB giáp với cửa Hòa Duân sâu trung bình 1,5m và có lạch triều ngậm chảy về phía cửa Thuận An theo hướng tây bắc, sâu từ 2 đến 4 - 5m. Phần tây bắc giáp làng Phú An và An Truyền có đáy bằng phẳng, sâu 0,4 - 0,5m.

Đầm Thủy Tú dài 24 km, trung bình rộng trên 1 km, sâu 2m và sâu dần về phía Cầu Hai, đạt trên 4m ở Hà Trung. Đầm Thủy Tú có hình thái một lạch triều hoạt động chủ yếu vào thời gian trước khi mở cửa Thuận An. Diện tích đầm Thủy Tú vào khoảng 36km<sup>2</sup>.

Đầm Cầu Hai có hình bán nguyệt với cung tròn hướng về phía Phú Lộc. Chiều dài theo phương chung TB - ĐN khoảng 11 km từ Thủy Tú tới chân núi Vĩnh Phong, hẹp nhất từ Đá Bạch đến chân Túy Vân khoảng 6km và chiều dài nhất từ cửa Đại An tới chân đèo Phước Tượng 17 km. Độ sâu trung bình của đầm 1,0 - 1,5m, sâu nhất trên 2m nghiêng về phía Đá Bạch. Diện tích đầm Cầu Hai vào khoảng 112 km<sup>2</sup>.

- **Đê chắn cát**

Đê chắn cát gồm một hệ thống cồn- đụn và bãi biển hiện đại kéo dài theo phương TN- ĐN từ Cửa Việt tới cửa Thuận An khoảng 60 km, từ cửa Thuận An tới núi Linh Thái khoảng 37 km, từ chân núi Linh Thái đến cửa Tư Hiền khoảng 2 km và từ Tư Hiền tới Lộc Thụ khoảng 3 km. Cả thảy khoảng 102 km.

Đoạn từ Cửa Việt tới cửa Thuận An rộng trung bình 4,5 km cho tới Đền Hương (bắc cửa Ô Lâu) và độ cao trung bình dưới 10m, vát nhọn hình mũi tên nhưng cao dần về phía cửa Thuận An, trung bình 10m và cao nhất 32m.

Đoạn từ cửa Thuận An đến núi Linh Thái rộng trung bình 2 km, cao trung bình 10m, vát nhọn và thấp dần về phía cửa Thuận An. Độ cao lớn nhất ở Phú Diên đạt 20m và nhỏ nhất ở cửa Thuận An chỉ trên 2m.

Đoạn từ chân núi Linh Thái tới cửa Tư Hiền rồi tới Lộc Thủy rộng trung bình 300m và cao trung bình 2,5m.

Đoạn đê cát từ Lộc Điền (cửa Ô Lâu) tới cửa Thuận An gồm hai hệ thống đê liên tiếp nhau. Hệ thống ngoài gồm cát vàng ( $m(v) Q_{IV}^3$ ) cao hơn hệ thống phía trong gồm cát màu trắng đục ( $m(v) Q_{IV}^3$ ). Hệ thống phía ngoài dần chùng phũ lên hệ thống phía trong và nâng cao lên tới trên 30m. Tương tự từ cửa Thuận An tới Linh Thái cũng có hai hệ thống. Hệ thống phía trong gồm đê cát nhỏ gối lên nhau tạo nên bề mặt khá bằng phẳng, cao 4 - 7m, gồm cát màu trắng muối ( $m(v) Q_{IV}^{1-2}$ ) từ Vinh Hiền tới Vinh Xuân. Hệ thứ hai phía ngoài gối lên nó gồm cát vàng ( $m(v) Q_{IV}^3$ ) kéo dài liên tục từ cửa Linh Thái tới cửa Thuận An.

- **Cửa**

Hệ đầm phá Tam Giang - Cầu Hai có 2 cửa: cửa Thuận An (cửa chính) và cửa Tư Hiền.

Luồng cửa Thuận An định hướng BTB - NĐN, dài khoảng 600 km, rộng 350m, sâu tới 11m ở phía trong. Ở phía ngoài cửa phát triển một delta triều xuống bất đối xứng do luồng cửa không vuông góc với đường bờ và bất đối xứng do lưu lượng dòng bồi tích dọc bờ giữa hai mùa gió ĐB - TN. Delta triều xuống này có cấu trúc phức tạp do tác động của sóng.

Ngược lại, Tư Hiền là cửa phụ, định hướng luồng ĐB - TN, khi bắt đầu mở, rồi chuyển thành TB - ĐN khi tàn trong một pha mở - lấp, dài khoảng 100m, rộng 50m và sâu tối đa 1m (vị trí ở Vinh Hiền). Trước đây khi vị trí cửa Vinh Hiền còn hoạt động mạnh, đã tạo nên một delta triều lên rất điển hình ở phía trong. Bề mặt tích tụ này ở khoảng độ sâu 0,4 - 0,5m. Delta này được chia làm 3 phần bởi hai lạch triều ngầm tương đối hẹp và sâu trên 1m. Trầm tích của delta này chủ yếu là cát hạt tròn đến thô, màu vàng nhạt ( $m Q_{IV}^3$ ).

- **Bờ sau đầm phá**

Tổng chiều dài bờ sau vào khoảng 183 km, trong đó 12% bờ đá gốc - granit và grabro olivin, tuổi Triat muộn. Bờ đá gốc bao bọc phía đông và phía tây đầm Cầu Hai. Phần còn lại của bờ sau gồm các trầm tích Đệ tứ bờ rời thuộc bãi bồi lagun ( $am Q_{IV}^3$ ), thuộc các vùng cửa sông Ô Lâu, sông Hương, Truồi - Đại Giang ( $am Q_{IV}^3$ ) và thuộc các cồn cát cổ ở Quảng Điền và Phú Vang ( $m(v) Q_{IV}^{1-2}$ ).

Bãi bồi cao gồm bãi bồi cao ven thềm và các bãi bồi cao dạng đảo. Thành phần trầm tích chủ yếu là cát nhỏ và bột màu nâu xám. Hàng năm về mùa mưa lũ, các bãi này thường bị ngập lụt và được bồi thêm nhưng không đáng kể. Các bãi bồi thấp phân bố không liên tục ở ven bờ với thành phần trầm tích là cát, nghèo mùn và độ ướt thấp (< 40%).

Đồng bằng ven bờ sau gồm chủ yếu các trầm tích cát, bột nguồn gốc sông - biển, tuổi Holocen muộn ( $am Q_{IV}^3$ ) và cát trắng nguồn gốc biển (gió) ( $m(v) Q_{IV}^{1-2}$ ). Chúng tạo nên đồng bằng bùn cát cao 3 - 6m và đồng bằng cát cao 4 - 10m.

## 4.2. Đặc điểm hình thái - động lực

### 4.2.1. Đặc điểm hình thái - động lực ven bờ biển phía ngoài đầm phá

Xét theo tính đồng nhất và phân bố của quá trình bờ, động lực hai cửa đầm phá chịu sự chi phối của quá trình bờ biển trên một dải bờ dài 102 km chạy hướng tây bắc - đông nam. Trong đó, bờ chắn ngoài lagun dài 65 km. Giới hạn động lực phía nam là mũi nhô đá gốc Chân Mây Tây (granít) có biên độ nhô 900m so với đường bờ cơ bản. Giới hạn phía bắc là Cửa Việt, hợp lưu của sông Thạch Hãn và sông Cam Lộ, có tổng lưu lượng nước là 15,6 km<sup>3</sup>/năm. Dải động lực này được chia làm hai khu vực, phía bắc và phía nam có ranh giới là luồng cửa Thuận An, rộng 400 - 500m, trục luồng lệch về hướng tây bắc, là nơi thoát nước chính ra biển của 3 sông: Hương, Bồ, Ô Lâu. Và tổng quan trên toàn dải từ Cửa Việt đến Chân Mây Tây có mặt các dạng và yếu tố địa hình cơ bản sau:

- **Địa hình xâm thực**

- Lạch sông (lagoonal inlet): cửa Thuận An và Tư Hiền nằm cách nhau 40 km, xâm thực do dòng triều và sóng.

- Mũi nhô đá gốc (bedrock caps) Chân Mây Tây và Linh Thái. Là địa hình xâm thực bóc mòn kế thừa, trong giai đoạn hiện tại chịu sự mài mòn phá hủy của sóng.

- Thêm mài mòn (bench). Dạng địa hình xâm thực bào mòn do sóng, viền quanh mũi nhô Linh Thái. Ngoài ra còn có lạch tàn. Đó là đầm Lọc Thủy sát cửa Tư Hiền. Khi cửa chính mở nó tồn tại như đầm phá nhỏ (microlagoon). Khi cửa phụ mở, nó được khơi hai đầu và trở thành lạch của đầm Cầu Hai.

- **Địa hình tích tụ**

- Bãi biển chạy suốt từ Cửa Việt đến Chân Mây Tây. Đây là dạng tích tụ do sóng, bằng phương thức di chuyển ngang từ đáy.

- Đê cát dạng doi phát triển kê sát đông nam cửa Thuận An, lấn về phía bắc và kê sát cửa chính Tư Hiền, lấn về phía đông nam.

Vùng tích tụ bờ cát có đáy biển ven bờ khá dốc, trung bình toàn dải, đường đẳng sâu 10m cách bờ 1,2- 1,5 km, gần nhất 100m. Ở đáy biển ven bờ, địa hình bị chia cắt khá mạnh, phân hóa thành các dạng địa hình âm lõng trũng hẹp gần vuông góc với bờ (có lẽ là thung lũng sông cổ) và gần song song với bờ (có lẽ là lòng các đầm phá cổ bị ngập chìm) và các đồi cát ngầm, thoải, có đỉnh cao tương đối 5 - 7m so với đáy. Ở dải sát bờ, địa hình thoải trong độ sâu 0 - 5m, sau đó rất dốc ở độ sâu 10 - 15m. Sườn bờ ngầm đạt đến độ sâu 15m, đây cũng là giới hạn của đới sóng vỡ. Đường đẳng sâu 6m, ứng với hai lần của độ cao phổ biến sóng bão chạy cách bờ 0,45 - 1 km, trung bình 600 - 700m, mở rộng nhất ở Linh Thái - Chân Mây Tây phản ánh sự bồi tụ mạnh hơn ở đông nam vùng, liên quan đến hướng di chuyển của dòng bồi tích dọc bờ.

Khu vực bờ từ Cửa Việt đến cửa Thuận An dài 59 km đường như khá đồng nhất về hướng và hình thái bờ, thể hiện sự cân bằng trắc diện dọc và ngang bờ ở mức độ cao. Sông Cửa Việt là một ranh giới động lực, cắt gần vuông góc với bờ. Bờ phía bắc Cửa Việt có dạng doi cát, áp sát chút ít trục cửa sông lệch về phía nam. Cân bằng bồi tích dọc bờ khu vực Cửa Việt - Thuận An gần cân bằng nhau, với ưu thế hơi lệch về phía đông nam. Có lẽ vì vậy, trong thế kỷ qua, trục lòng cửa Thuận An chịu chi phối của động lực dòng sông Hương di chuyển khá nhanh về phía bắc và chịu sự áp đẩy của dòng bồi tích về phía tây bắc ở phía đông nam cửa Thuận An. Đáng lưu ý ở phía ngoài Tam Giang, trên chiều dài bờ gần 12 km, đường đặng sâu 10m chỉ cách bờ 100 - 300m, tạo nên độ dốc lớn, trung bình 0,05. Băng đo sâu phá Tam Giang ở phía trong cho thấy rõ hình thái chấu, thành dốc của mặt cắt, phía ngoài là một trũng biển sát bờ. Vì vậy, trắc diện bờ ở đây khá bằng phẳng.

Khu vực phía nam bờ Thuận An - Chân Mây Tây phân hóa phức tạp hơn và có thể chia ra làm hai tiểu khu: Thuận An - Linh Thái và Linh Thái - Chân Mây Tây. Mũi nhô Linh Thái, nhô 200m so với đường bờ cơ bản. Nếu tính cả thêm mài mòn đá gốc viền quanh, mũi nhô này vượt xa 400m. Mũi nhô Linh Thái có vai trò phân hóa động lực khu bờ Thuận An - Chân Mây Tây, nhưng dòng bồi tích dọc bờ hiện tại vẫn vượt qua. Băng chứng là có một dải bãi hẹp (50m) và cát chân bãi viền liên tục qua mũi. Trên bình đồ chung sự có mặt của đê cát dạng doi nổi cửa Tư Hiền với Chân Mây Tây thể hiện ưu thế áp đảo của dòng dọc bờ trên khu vực đi từ cửa Thuận An về Chân Mây Tây ở đông nam.

Ở khu vực Thuận An - Chân Mây Tây (dài 38 km) hướng bờ cơ bản cũng tây bắc - đông nam, nhưng hình thành nên một dải vòng cung thoải dài 32 km từ cửa Thuận An đến Vinh Xuân. Chính tại đây xảy ra các biến động bồi - xói phức tạp theo mùa ở bãi biển, bồi mạnh về mùa gió tây nam, xói mạnh về mùa gió đông bắc. Diễn biến bồi - xói phức tạp nhất là các bãi thuộc Thái Dương Hạ trên chiều dài 3 km. Tại bãi tắm Thuận An, trước đây trung bình mỗi năm vào mùa gió đông bắc, bãi bị xói 15 - 20m, vào mùa gió tây nam, bãi bồi ra 10 - 15m, hàng năm bãi bị xói lấn vào khoảng 5m. Sau trận lũ 1999, bãi bị xói lở mãnh liệt, tạo nên vách sạt dịch lấn vào phía bờ và không còn hình thái tích tụ. Ngoài cửa hiện nay còn thấy vết tích 3 cửa lạch cổ. Trong đó có vị trí Hòa Duân.

Mũi cát được bồi tụ sát bờ nam của Thuận An do luồng bồi tích dọc bờ về mùa gió tây nam tục đẩy trục luồng Thuận An không ổn định và dịch về phía bắc làm tăng độ cong của trục dòng chảy từ sông Hương. Quá trình dịch chuyển trục cửa Thuận An là dịch - xoay do nửa phía ngoài trục dịch về phía bắc, còn nửa phía trong dịch về phía nam gây xói lở bờ đầm phá tại đây. Với cơ chế như vậy, khả năng sa bồi của luồng vào cảng Tân Mỹ rất lớn vì trục luồng tàu và trục luồng chảy lệch nhau theo kiểu dịch - xoay.

Cửa chính Tư Hiền (ở Vinh Hiền) thuộc khu vực động lực cửa Thuận An - Chân Mây Tây và tiểu khu Linh Thái - Chân Mây Tây. Khi thông mở, cửa có tác dụng như một giới hạn động lực, chia tiểu khu Linh Thái - Chân Mây Tây thành

hai đoạn Linh Thái - Vinh Hiền và Vinh Hiền - Chân Mây Tây. Khi cửa bị đóng, giới hạn này bị mất đi và có giới hạn tương đối về động lực bờ tiểu khu Linh Thái - Chân Mây Tây.

Ở tiểu khu Thuận An - Linh Thái, như đã nêu trên, bờ hình thành nên cung lồi dài 32 km. Đây là cung bờ xói lở rất mạnh về mùa gió đông bắc (cực đại 20m) và bồi tụ mạnh về mùa gió tây nam (cực đại 15m). Tại đây, bãi biển hẹp, dốc, bề ngang mặt bãi trước trung bình chỉ 15m, các vách xói lở cao trung bình 1,0m cực đại 1,2m.

Đoạn bờ từ Vinh Xuân đến Linh Thái tương đối ổn định do cân bằng trắc diện dọc và ngang bờ, hình thái bờ thẳng, bãi trước rộng trung bình 30 - 50m, khá thoải, hoạt động bồi - xói ở đây đều ở mức yếu, dao động theo mùa gió.

Ở tiểu khu Linh Thái - Chân Mây Tây dài 5 km, hình thái bờ phức tạp nhất và thường xuyên biến dạng. Đây là nơi bồi tụ mạnh về mùa gió đông bắc do dòng bồi tích di chuyển vượt mũi Linh Thái sang và là nơi xói lở vào mùa gió tây nam, do dòng bồi tích di chuyển dọc bờ về phía tây bắc. Doi cát phía bắc của Tư Hiền lấn về phía nam, làm hẹp, nông dần, và lấp hẳn cửa chính Tư Hiền. Khi cửa chính Tư Hiền bị đóng, cửa phụ được khơi lại và dòng bồi tích di chuyển sát mũi Chân Mây Tây, dần dần lấp cửa phụ. Trước năm 1404, khi chưa mở cửa Thuận An, Tư Hiền là cửa duy nhất của đầm phá. Vì vậy, lưu lượng nước qua cửa rất lớn và trở thành giới hạn chắn bồi tích dọc bờ từ phía bắc xuống. Khi có cửa Thuận An, Tư Hiền thành cửa phụ, động lực dòng qua đây yếu đi và cửa bị doi cát dọc bờ từ phía bắc lấn đẩy dần về phía Chân Mây Tây, tại vị trí cửa phụ. Khi cửa phụ bị cạn lấp, nhân dân lại khơi cửa phụ để có nối cho thuyền ra biển. Cửa phụ thường tồn tại không lâu vì ở vị trí lấp góc hướng dòng bồi tích dọc bờ từ tây bắc xuống.

Khi cửa Tư Hiền mở rộng, về mùa khô, mực nước đỉnh triều luôn cao hơn mực nước đầm Cầu Hai 25 - 35 cm, vì vậy dòng triều chảy vào qua cửa Tư Hiền đã tải cát vào và tạo nên bãi tích tụ ngậm delta triều lên rộng đến 6.000 m<sup>2</sup>, chia làm 3 hàng chắn phía trong cửa. Sự phát triển delta triều lên ở phía bên trong cửa Tư Hiền chứng tỏ rằng, cân bằng dòng chảy hướng vào phía trong và một lượng bồi tích cát đáng kể được đưa vào đầm phá.

Trong trường hợp cửa Tư Hiền mở, dòng chảy qua cửa trở thành giới hạn chắn dòng bồi tích từ phía tây bắc mũi Linh Thái đi xuống. Tuy nhiên, dòng chảy này yếu dần do doi cát lấn lạch và đến thời điểm thích hợp, cửa bị lấp.

#### 4.2.2. Đặc điểm hình thái - động lực đầm phá

- Địa hình xâm thực

*Lạch trong đầm phá hình thành do xâm thực của dòng triều.* Hình thái lạch triều ở phá Tam Giang và đầm Sam (đang hoạt động mạnh) và ở đầm Thủy Tú (hoạt động yếu) là do tác động xâm thực của dòng triều bán nhật. Các lạch này đều hẹp và đạt độ sâu 2- 4m, dốc dần về phía cửa Thuận An.

*Lạch xâm thực do sông trong đầm phá.* Độ sâu của các lạch này này phản ánh rõ vai trò xâm thực của các sông Ô Lâu, sông Hương và sông Truôi - Đại Giang.

Địa hình xâm thực bóc mòn và thổi mòn do các dòng chảy tạm thời và do gió rất phát triển trên hệ thống các cồn cát cổ ( $m(v) Q_{IV}^{1-2}$ ) và đặc là đê cát chắn ( $m, mv Q_{IV}^3$ ). Bề mặt của chúng bị biến dạng mạnh mẽ, tạo nhiều đụn cát vun cao cục bộ tới vài mét và vùi lấp cây bụi. Ngược lại hàng trăm rãnh xói cứ lớn dần qua từng mùa mưa, gia tăng xâm thực ngang do cát chảy.

- **Địa hình tích tụ**

Đồng bằng tích tụ sông - biển Đệ tứ chiếm phần lớn diện tích đồng bằng ven biển, bề mặt của nó đạt độ cao 3 - 6m và ứng với các đoạn hạ lưu của các con sông và cơ chế uốn khúc mạnh mẽ của các sông ở đây. Trầm tích cấu tạo nên đồng bằng gồm cát, sỏi, bột và sét chủ yếu có nguồn gốc sông - biển. Ngoài ra còn có nguồn gốc sông, đầm lầy.

*Bãi bồi cao đầm phá tích tụ do ngập lũ.* Nhiều bãi bồi cao dạng thềm (ven bờ Phá Tam Giang và Đầm Thủy Tú) và dạng đảo, cao 1,0 - 1,5m vẫn còn được bồi tụ không đáng kể vào mùa mưa và lũ hàng năm.

*Bãi bồi thấp ven bờ tích tụ do triều và sông.* Bãi bồi thấp phổ biến ở ven bờ nhưng không liên tục. Thành phần trầm tích của bãi triều ưu thế hạt thô. Dạng tích tụ này do triều và sông. Ngoài ra, các dòng chảy tạm thời cũng tạo ra các bãi ngầm kiểu rửa trôi (Washover fan).

*Bãi bồi châu thổ trong đầm phá tích tụ do động lực sông- đầm phá.* Có bề mặt cao 2 - 3m, bãi bồi này chiếm một phần đáng kể của châu thổ hiện đại các sông Ô Lâu, sông Hương và sông Truôi - Đại Giang. Về mùa mưa lũ hàng năm vẫn còn ngập úng.

*Delta triều xuống hình thành do dòng triều rút.* Các bãi bồi cấu tạo nên ba cồn hiện nay ở phía nam đầm Thủy Tú là kết quả hoạt động của dòng triều xuống, hoạt động trong suốt thời gian hình thành Đại Trường Sa cho đến khi phá vỡ Đại Trường Sa và khai thông cửa Thuận An vào đầu thế kỷ XV. Ở phía ngoài cửa Thuận An hiện nay đang hình thành một delta triều xuống không đối xứng. Hình thái không đối xứng là do định hướng luồng xiên chéo với đường bờ, bị tác động mạnh của sóng và dòng bồi tích dọc bờ không cân bằng theo mùa.

*Delta triều lên hình thành do dòng triều lên.* Ở phía trong cửa Tư Hiền (Vinh Hiền) xuất hiện một delta triều lên rất điển hình. Dạng tích tụ chủ yếu là cát trung - thô màu vàng xám, có bề mặt nổi sâu đến 0,4 - 0,5m và chia cắt thành ba phần tương xứng nhau nhờ các lạch triều ngầm tương đối hẹp. Delta này có quá trình hình thành từ khi cửa Tư Hiền biến thành cửa phụ cho tới khi nó không còn hoạt động bởi vì cửa Lọc Thủy hiện nay hầu như không có vai tiếp nối quá trình này.

*Lòng đầm phá tích tụ do sông, triều và sinh vật tại chỗ.* Trong suốt diện tích lòng đầm phá đang diễn ra quá trình này. Đây là sản phẩm quá trình tích tụ trong lagun (thuộc quá trình lagun) chưa phát triển đến giai đoạn tàn và trầm tích trong là trầm tích sông - biển. Khi phát triển đến giai đoạn tàn, thì quá trình tích tụ đáy nhờ tích tụ sông - hồ với vai trò chủ yếu là sông và sinh vật tại chỗ, đặc biệt là thực vật thủy sinh, mất đi vai trò của biển.

## **5. Đặc điểm hình thành và tiến hoá hệ đầm phá**

### **5.1. Sự hình thành thành đầm phá và các cửa**

Vào Holocen giữa, khoảng 6.000 năm trước, biển tiến mở rộng nhất về phía lục địa, tốc độ dâng mực nước chậm hẳn lại và có sự bồi tụ tích cực để tạo nên đồng bằng Huế, trong đó có các cồn cát cổ, đầm phá cổ đã tàn ở Quảng Điền, Phú Vang, nay còn sót lại di tích và vô số các tràm, bàu nước ngọt. Mực nước chân tĩnh dâng chậm, lại bị triệt tiêu trên đới nâng yếu, địa hình ven bờ cổ nông, thoải, lại giàu nguồn bồi tích cát do di chuyển ngang từ đáy đã tạo điều kiện thuận lợi hình thành rồi lấp đầy nhanh chóng các đầm phá cổ.

Hệ đầm phá TG - CH được hình thành trong biển tiến Holocen, khoảng 3 - 4 nghìn năm trước trong điều kiện địa hình đáy biển nông thoải, mực biển hạ thấp tương đối, giàu nguồn bồi tích cát và động lực sóng mạnh. Đầm phá đã trải qua giai đoạn trẻ và bước sang giai đoạn trưởng thành. Trong quá trình phát triển của mình, đầm phá đã giảm đáng kể về diện tích và chiều sâu do quá trình sa bồi, ảnh hưởng tới thể tích chứa nước và khả năng thoát lũ.

Trước kia, hệ chỉ có một cửa duy nhất là Tư Hiền và chỉ mãi đến năm 1404 dòng lũ mới mở cửa Thuận An. Kể từ đó, Tư Hiền trở thành cửa phụ và thỉnh thoảng bị bồi lấp rồi lại tự mở không theo chu kỳ nhất định. Vai trò chủ đạo của cửa Tư Hiền mất đi do ba pha biến đổi. *Pha thứ nhất* là ách tắc cửa sông Phú Cam và dòng chính chuyển sang sông Hương. *Pha thứ hai* là sự phát triển của delta triều xuống ở phía nam đầm Thủy Tú làm ách tắc con đường chuyển lũ từ sông Hương ra cửa Tư Hiền. *Pha thứ ba* là sự lớn nhanh của châu thổ sông Hương và dòng lũ sông Hương đã chọc thủng dãy cồn cát đối diện mở ra cửa Thuận An để trực tiếp thoát dòng lũ từ sông Hương.

Đầm phá trải qua 3 hình thái: một cửa (khi cửa Tư Hiền bị lấp), hai cửa (khi cửa Tư Hiền mở) và nhiều cửa như sự kiện đầu tháng 11/1999 vừa qua. Ba hình thái này luân đổi, trạng thái hai cửa thường dài lâu nhất, được coi là trạng thái bình ổn. Hai trạng thái kia là những tai biến. Hình thái nhiều cửa hiếm khi xảy ra, chu kỳ cỡ thế kỷ. Lấp cửa, chuyển mở cửa đầm phá đột ngột là những tai biến nặng nề gây nhiều hậu quả tiêu cực về môi trường, sinh thái, kéo theo những thiệt hại lớn về dân sinh, kinh tế và tạo ra trạng thái phát triển không bền vững ở ven bờ Thừa Thiên - Huế.

Hiện tượng bồi lấp, chuyển cửa biển có nguyên nhân sâu xa từ quá trình phát triển tiến hóa địa chất hệ đầm phá TG-CH. Trong đó, vai trò cửa Tư Hiền từ

một cửa duy nhất chuyển thành cửa phụ và có xu thế suy tàn. Quá trình này chịu tác động của các động lực nội sinh và ngoại sinh làm suy tàn sông Phú Cam đổ vào đầm Cầu Hai và tăng cường hoạt động của sông Hương dẫn đến mở cửa Thuận An từ năm 1404. Quá trình bồi lấp cửa Tư Hiền xảy ra từ từ và lấp đột ngột ở một thời điểm có sự trùng hợp các yếu tố khí tượng thủy văn cần thiết. Cửa được mở lại sau một số năm khi có sự trùng hợp giữa một pha xói lở bờ mạnh với một kỳ mưa lũ lớn. Quá trình dịch chuyển cửa Thuận An lên phía bắc chủ yếu do dòng bồi tích dọc bờ cục bộ do sóng đưa vật liệu giải phóng từ xói sạt bờ đoạn Hòa Duân - bãi Thuận An ép dòng chảy qua cửa về phía bắc kết hợp với quá trình uốn lòng của dòng chảy sông Hương. Sự đột phá mở nhiều cửa tháng 11/1999 vừa qua là sự trùng hợp giữa bốn yếu tố: mưa cực lớn kéo dài, cửa Tư Hiền bị lấp và cửa Thuận An bước sang giai đoạn suy tàn và xói sạt mạnh bờ biển Hòa Duân.

Hòa Duân nằm ở vị trí cung bờ lồi rất nhạy cảm với xói sạt. Mô hình tính di chuyển bùn cát dọc bờ do sóng cho thấy tại đây, bùn cát được giải phóng do xói sạt di chuyển phân kỳ về hai phía ngược nhau, ưu thế là về phía tây bắc đưa lên bồi lấp khu vực Thuận An. Mô hình số trị dòng cũng cho thấy, trong nhiều kịch bản đặt ra, dòng chảy triều qua cửa Hòa Duân luôn lớn hơn hẳn dòng qua cửa Thuận An. Vì vậy, cửa Hòa Duân được mở là để thay thế cho cửa Thuận An và sẽ tồn tại cỡ thế kỷ.

Việc đóng cửa Tư Hiền làm tăng mức độ ngập lụt, ách tắc giao thông ra biển, ngọt hóa vực nước và suy thoái hệ sinh thái đầm phá, làm giảm đa dạng sinh học, xáo động cơ cấu đánh bắt, suy giảm hiệu quả nuôi trồng và khai thác thủy sản. Lấp cửa Tư Hiền còn giảm chất lượng môi trường nước, tăng cường mức ô nhiễm do lưu thông kém, làm tăng khả năng sa bồi, nông hóa vực nước và tăng nhanh khả năng suy tàn của đầm phá. Trong những tình huống cỡ thế kỷ việc lấp cửa Tư Hiền là nhân tố kích hoạt gây mở nhiều cửa như vào trận ngập lũ lịch sử tháng 11/1999 vừa qua, gây ra những đảo lộn lớn về phân bố cơ sở hạ tầng.

Quá trình dịch chuyển cửa Thuận An lên phía bắc tạo khả năng thoát lũ kém, sa bồi luồng vào cảng Thuận An và xói sạt nghiêm trọng bờ phía bắc thuộc làng Hải Dương. Sự suy tàn của cửa Thuận An là nguyên nhân sâu xa dẫn đến mở cửa Hòa Duân vào tháng 11 năm 1999 trong điều kiện có sự trùng hợp với lượng mưa rất lớn, cửa Tư Hiền bị đóng kín tạo ngập lũ lớn và bờ biển phía ngoài bị xói sạt mạnh mẽ.

## **5.2. Biến dạng cửa đầm phá**

### **5.2.1. Những biến dạng trước lũ lịch sử 11/1999**

Kể từ khi cửa Thuận An được mở, cửa Tư Hiền trở thành cửa phụ và cả hai hệ thống đều không ổn định. Tính không ổn định cửa biểu hiện qua các trạng thái chuyển đổi vị trí cửa, dịch cửa, lấp cửa, mở cửa, thu hẹp mặt cắt ước hoặc biến dạng luồng cửa nhiều lần trong lịch sử (*Bảng 16*).



Cửa Tư Hiền thực tế gồm 2 cửa, cửa chính do dòng lũ mở thông trực tiếp ra biển ở Vinh Hiền (thôn Phú An) và ở Lộc Thủy (sát mũi Chân Mây Tây), 2 cửa cách nhau khoảng 3 km. Kể từ khi cửa Thuận An mở, động lực dòng qua cửa Tư Hiền yếu và dòng bồi tích dọc bờ tạo nên doi cát phát triển đẩy lấn cửa về phía nam đến sát mũi Chân Mây Tây bị tàn do bồi tích lấp dần thì dòng lũ lại mở cửa chính ở Vinh Hiền. Trạng thái cửa Tư Hiền luôn ở 1 trong 4 trường hợp: cửa chín mở, cửa phụ đóng; cả hai cửa đều đóng kín; cửa chính đóng, cửa phụ mở; và hai cửa đều mở. Trên thực tế chưa lần nào cửa phụ lại tự mở như cửa chính. Trường hợp 4 ít xảy ra và tồn tại trong thời gian ngắn vì ngay sau khi dòng lũ mở cửa chính thì cửa phụ lại bị bồi lấp.

**Bảng 16. Biến động lấp, mở cửa Tư Hiền**

Thời gian	Vị trí cửa	
	Vinh Hiền	Lộc Thủy
Năm 1804	Vốn có	Chưa có
Năm 1811	Mở	Lấp
Năm 1823	Lấp	
Năm 1844	Mở	
Năm 1953	Lấp	Lấp
Năm 1959	Mở	
Năm 1979	Lấp	Mở
Năm 1984		Lấp
Năm 1990	Mở	
Năm 1994	Lấp	Mở
Năm 1999	Mở	Mở
Năm 2000	Mở	Lấp

Cửa Thuận An thường xuyên thay đổi vị trí theo chu kỳ dài và động thái của nó chịu chi phối của trạng thái cửa Tư Hiền (Bảng 17).

**Bảng 17. Biến động lấp, mở cửa Thuận An**

Thời gian	Tình trạng cửa	Vị trí cửa
1404	Bắt đầu mở	Hòa Duân
1467 - 1504	Đắp lấp lại	Hòa Duân
1504 - 1700 (?)	Mở	Thôn Thái Dương Hạ
1700 - 1897	Mở	Hòa Duân
1897 - 1999	Mở	Vỡ cửa tại Hòa Duân năm 1999. Chặn đắp năm 2000
1999 - nay	Mở	Hiện nay

Năm 1897 là mốc đánh dấu sự suy tàn của cửa Hòa Duân và khai thông của Thuận An có vị trí như ngày nay. Cho tới năm 1904, cửa Hòa Duân mới bị lấp hẳn trong một trận bão ngày 11 tháng 6.

Năm 1928, đập Vallette chắn ngang cửa Thuận An đang được xây dựng để ngăn mặn thì dòng lũ sông Hương (10/1928) đã phá hủy đoạn dài 120m, sâu 7m, ngay giữa đập.

Năm 1931, một đập đá dài 2.000m lại được xây dựng ngay qua cửa Thuận An cũng với mục đích ngăn mặn, thì đến mùa lũ năm 1953 bị phá vỡ hoàn toàn và xoáy tạo ra một trục sâu đến 21m. Từ đó, trục lạch tiếp tục dịch chuyển lên phía bắc với tốc độ trung bình 15 m/năm, còn bờ lạch bị bồi lấp dịch về phía bắc có chỗ 40 m/năm. Sự di chuyển vị trí của Thuận An tạo nên sự không ổn định của đoạn bờ dài 7 km do bồi lấp.

### 5.2.2. Những biến dạng qua và sau cơn lũ lịch sử 11/1999

Trận lũ lịch sử xảy ra ngày 1 - 6/11/1999 đã phá mở thêm 3 cửa và đầm phá ở thời điểm này có tất cả 5 cửa. Theo thứ tự từ bắc xuống nam và lần lượt là:

- Cửa Thuận An, là cửa chính của đầm phá tồn tại từ năm 1897, dịch dần vị trí từ thôn Thái Dương Hạ đến vị trí hiện nay. Trong trận lũ tháng 11, cửa mở thêm một lạch mới ở xã Hải Dương. Như vậy, vào thời điểm này cửa Thuận An có hai lạch thông vào đầm phá. Lạch Hải Dương thực ra là một lạch rất cổ xưa.

- Cửa Hòa Duân, được mở tại vị trí cũ và là lạch chính của đầm phá trước năm 1897 bị tàn và lấp hẳn trong khoảng năm 1897 - 1904, khi cửa Thuận An mở ở Thái Dương Hạ.

- Cửa Vinh Hải vốn là cửa rất cổ đã bị tàn từ lâu, dấu vết để lại là một lạch trũng và một khu đất thấp dạng yên ngựa phía bắc núi Vĩnh Phong. Cửa này được xác định theo phân tích hình thái, chưa thấy được ghi rõ ràng trong thư tịch cổ nào. Trong cơn lụt, cửa mở với chiều rộng khoảng 200m, sâu 1 - 1,5m. Sau cơn lũ, cửa nhanh chóng bị bồi lấp.

- Cửa Tư Hiền tại Vinh Hiền, bị lấp tháng 12 năm 1994, sau đó năm 1995 lại được kè đá kiên cố và bị phá mở trong trận lũ vừa qua. Đây là vị trí xung yếu và dễ bị mở trở lại. Có thể, không bị kè, cửa mở lại từ những năm trước hoặc ngay ngày đầu trận lũ lớn.

Trong điều kiện bình thường cửa Tư Hiền rộng khoảng 200m, sâu 3m. Vào cuối tháng 10/1994 (hơn 1 tháng trước khi bị lấp) cửa chỉ còn rộng khoảng 50m, sâu 0,5 - 1m. Sau trận lũ năm 1999, cửa được mở với chiều rộng khoảng 600m và sâu đạt khoảng 4 - 8m.

- Cửa Lọc Thủy, là cửa phụ của cửa Tư Hiền, nằm sát mũi Chân Mây Tây. Trước trận lũ tháng 11/1999, cửa ở trạng thái mở nhờ công trình kè cửa Tư Hiền, khai thông lạch nước sau cồn cát và xây dựng một số kè mở hàn để chống cát tràn dọc bờ từ phía cửa Tư Hiền xuống. Trên thực tế, lạch cửa Lọc Thủy rất nhỏ

hẹp, xâm thực mở rộng hơn vào mùa mưa lũ, nhưng bị cạn và hẹp đáng kể vào mùa khô. Năng lực thoát lũ và phục vụ giao thông của cửa rất kém.

Sau trận lũ cửa rộng khoảng 200m, sâu 2 - 5m nhưng phân đầu lạch phía trong giáp cửa chính Tư Hiền nhanh chóng bị bồi cạn.

Đến 3 tháng năm 2000, đầm phá còn lại 3 cửa chính là Thuận An, Hòa Duân và Tư Hiền (tại Vinh Hiền). Dự báo theo phát triển tự nhiên, cửa Thuận An sẽ dần tàn lụi, cửa Hòa Duân sẽ được duy trì. Nhưng vào tháng 8 năm 2000, cửa Hòa Duân bị kè lấp nên cửa Thuận An vẫn tồn tại.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. **Nguyễn Hữu Cử, 1996.** Đặc điểm địa chất hệ đầm phá Tam Giang - Cầu Hai (Thừa Thiên - Huế) trong Holocen và phức hệ trũng lổ chứa trong chúng. Luận án phó tiến sỹ. Hà Nội.
2. **Nguyễn Hữu Cử, 1996.** Điều kiện động lực hình thành và phát triển hệ đầm phá Tam Giang - Cầu Hai. Các công trình nghiên cứu địa chất và địa vật lý biển. Nxb. KH&KT. Hà Nội, Tr. 234-240.
3. **Nguyễn Hữu Cử, Trần Đức Thạnh, Nguyễn Vũ Tuấn và Nguyễn Thị Kim Anh, 2002.** Tác động của con người đến môi trường địa chất hệ đầm phá Tam Giang - Cầu Hai. Tài nguyên và môi trường biển. Tập IX. Nxb. KH&KT. Hà Nội. Tr. 103 - 120.
4. **Lê Quý Đôn, 1776.** Phủ biên tạp lục, Nxb Khoa học Xã hội. Hà Nội 1977.
5. **Sơn Hồng Đức, 1974.** Việt Nam hình thể các đồng bằng. Nxb Trăm hoa miền Tây.
7. **Nguyễn Chu Hồi và nnk, 1995.** Sử dụng hợp lý các hệ sinh thái tiêu biểu vùng biển ven bờ Việt Nam. Báo cáo đề tài KT- 03 - 11. Lưu trữ tại Phân viện Hải dương học tại Hải Phòng.
8. **Nguyễn Chu Hồi, Đỗ Nam, Trần Đức Thạnh, Nguyễn Miên và nnk, 1996.** Nghiên cứu khai thác, sử dụng hợp lý tiềm năng phá Tam Giang. Báo cáo khoa học đề tài KT. ĐL. 95. 09. Lưu trữ tại Phân viện Hải dương học tại Hải Phòng.
9. **Hà Học Khanh và Hồ Ngọc Phú, 1996.** Thủy văn sông và vai trò của các công trình thủy lợi đối với hệ đầm phá Tam Giang. Báo cáo thuộc đề tài KT. ĐL.95 - 09. Lưu trữ tại Phân viện Hải dương học tại Hải Phòng.
10. **Krempf. A., 1931.** Rapport sur le Fonctionnement de l'annee' 1929 - 1933. Note No. 15. Inst. Oceanogr. de L'Indochine.
11. **Trần Đình Lân và nnk, 1996.** Đặc điểm môi trường trầm tích hiện đại đầm phá Tam Giang - Cầu Hai. Tài nguyên và môi trường biển, tập III. NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
12. **Bùi Hồng Long, Nguyễn Bá Xuân, Tống Phước Hoàng Sơn và nnk, 2000.** Nghiên cứu, dự báo phòng chống sạt lở bờ biển khu vực Nam Bộ (từ Bình Thuận đến Hà Tiên). Báo cáo đề tài KHCN 5C. Lưu trữ tại Viện Hải dương học Nha Trang.
13. **Phan Việt Mỹ, 1995.** Đợt mưa lũ lớn trên các sông miền Trung từ ngày 05 - 12 tháng 10 năm 1995. Khí tượng thủy văn N° 12 (420). Trang 18 - 20.
14. **Nichols M. and Allen G., 1981.** Sedimentary process in coastal lagoons. In: Coastal lagoon research, present and future. UNESCO Technical paper in marine science. No.33. p.27-80.
15. **Hồ Tấn Phan, Hồ Thị Thu Trang, 1991.** 500 năm cửa biển Thuận An. Thông tin Khoa học và Kỹ thuật Thừa Thiên - Huế. Ban KHKT tỉnh Thừa Thiên - Huế.
16. **Hồ Ngọc Phú, 1994.** Nghiên cứu về tính không ổn định cửa cửa Tư Hiền và suy nghĩ biện pháp sử lý. Kỷ yếu Hội thảo khoa học về đầm phá Thừa Thiên - Huế. Hải Phòng 1994.

17. **Phleger F.B., 1981.** A review of some features of coastal lagoon. . In: Coastal lagoon research, present and future. UNESCO Technical paper in marine science. No.33.p.1-6.
18. **Nguyễn Thanh Sơn và Trịnh Phùng, 1979.** Về các kiểu bờ biển Việt Nam. Tuyển tập nghiên cứu biển. Tập I. Phần 2. Nha Trang. Trang 103 - 133.
19. **Trần Đức Thạnh, 1985.** Cửa Thuận An và Tư Hiền ( Bình Trị Thiên). Những phát hiện mới về khảo cổ học 1985. Viện khảo cổ. Hà Nội. Tr.20 - 22.
20. **Trần Đức Thạnh, Trần Đình Lân và Nguyễn Hữu Cử, 1995.** Về hiện tượng bồi lấp cửa Tư Hiền. Tạp chí hoạt động số 9. Hà Nội. Tr.20 - 23.
21. **Trần Đức Thạnh, Nguyễn Chu Hồi, Nguyễn Cán, Nguyễn Thanh Sơn và nnk, 1997.** Đặc điểm địa mạo biển Việt Nam. Tài nguyên và Môi trường biển. Tập IV. Nxb KH&KT. Hà Nội . Tr. 7-28.
22. **Trần Đức Thạnh, Nguyễn Hữu Cử, Trần Đình Lân, Nguyễn Văn Tiến và nnk, 1998.** Nghiên cứu tiềm năng và đề xuất khu bảo vệ đất ngập nước hệ đầm phá Tam Giang-Cầu Hai. Đề tài cấp tỉnh Thừa Thiên - Huế. Lưu trữ tại Sở KH, CN & MT Thừa Thiên - Huế.
23. **Trần Đức Thạnh và nnk, 1998.** Nguyên nhân bồi lấp cửa Tư Hiền ở hệ đầm phá Tam Giang - Cầu Hai. Tài nguyên và môi trường biển, tập V - Nxb KH - KT.Hà Nội. Tr. 28-43.
24. **Trần Đức Thạnh, Nguyễn Đức Cự, Nguyễn Hữu Cử, Đỗ Đình Chiến và nnk, 2000.** Nghiên cứu, dự báo phòng chống sạt lở bờ biển khu vực Bắc Bộ (từ Quảng Ninh đến Thanh Hoá). Báo cáo đề tài KHCN 5a. Lưu trữ tại Phân viện Hải dương học tại Hải Phòng.
25. **Trần Đức Thạnh, Nguyễn Hữu Cử và nnk, 2000.** Động lực và tiến hoá đầm phá Tam Giang – Cầu Hai. Chuyên đề thuộc đề tài nhà nước: “Nghiên cứu phương án phục hồi, thích nghi cho vùng cửa sông ven biển Thuận An - Tư Hiền và đầm phá Tam Giang - Cầu Hai”.
26. **Trần Đức Thạnh, Nguyễn Hữu Cử, Nguyễn Chu Hồi và Nguyễn Văn Tiến, 2002.** Hệ đầm phá Tam Giang – Cầu Hai: Giá trị tài nguyên và vấn đề biến động cửa. Nghiên cứu Huế. Tập 3, tr. 124 -167.
27. **Phạm Huy Tiến, Nguyễn Văn Cự, Nguyễn Lập Dân và nnk, 2000.** Nghiên cứu, dự báo phòng chống sạt lở bờ biển khu vực Trung Bộ (từ Thanh Hoá đến Ninh Thuận). Báo cáo đề tài KHCN 5B. Lưu trữ tại Viện Địa Lý.
28. **Nguyễn Ngọc Thụy, 1984.** Thủy triều biển Việt Nam. Nxb. KH và KT. Hà Nội. trang 1 - 263.
29. **Nguyễn Quang Tuấn, 1996.** Các nguồn cung cấp và sự phân tán trầm tích hiện đại ở phá Tam Giang – Cầu Hai (Huế). Tài nguyên và môi trường biển, tập III. NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
30. **Zenkovich V.P., 1963.** Về bờ biển nước Việt Nam dân chủ cộng hòa. Hải dương học. Tập III, Quyển 3. ( Tiếng Nga).
31. **Zenkovich V.P., 1967.** Bờ Thái Bình Dương. Nxb. Nauka. Mascova. Tr.1 - 375. ( Tiếng Nga).