



Original Article

# Sequence Stratigraphy of South Central Coastal Quaternary Sandy Formation and Stratigraphic Significance

Nguyen Van Tuan<sup>1,\*</sup>, Tran Nghi<sup>2</sup>, Tran Tan Van<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Vietnam Institute of Geoscience and Mineral Resources,  
67 Chien Thang, Van Quan, Ha Dong, Hanoi, Vietnam*

<sup>2</sup>*VNU University of Science, 334 Nguyen Trai, Thanh Xuan, Hanoi, Vietnam*

Received 12 April 2019

Revised 09 May 2019; Accepted 22 May 2019

**Abstract:** The South Central Coastal Quaternary sandy formation has been studied by many authors according to different objectives, mainly for establishing quaternary geological maps at a different scale. There are 5 sedimentary cycles established based on the absolute age of the sand, that was analyzed by the method of thermoluminescent dating of quartz (TL), and by the comparison between 5 global glacial /interglacial cycles and 5 sedimentary cycles of the Red River Delta. The Southern Central coastal sandy cycle corresponds to 5 sequences. Sequence 1 has the age of early Pleistocene ( $Q_1^1$ ); Sequence 2 has middle Pleistocene age, early part ( $Q_1^{2a}$ ); Sequence 3 has Pleistocene age in the middle of the late part ( $Q_1^{2b}$ ); Sequence 4 has age of early Late Pleistocene part ( $Q_1^{3a}$ ) and Sequence 5 has age of late Pleistocene - Holocene ( $Q_1^{3b}$ - $Q_2$ ). Each sequence has 3 systems which tract corresponding to 3 lithofacies complex: (1) Lowstand systems tract corresponding to alluvial gravelly sand facies complex (arLST) or marine-wind red sand facies complex (mvLST); (2) Transgressive systems tract corresponding to the white sand and spotted white sandy barrier bar facies complex (mtTST); Highstand systems tract corresponding to the marine-wind red sand facies complex (mvHST).

**Keywords:** Sequence stratigraphy, sedimentary cycle, systems tract, lithofacies complex.

\*Corresponding author.

E-mail address: [geotech.vn.tuan@gmail.com](mailto:geotech.vn.tuan@gmail.com)

<https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuees.4382>



## Địa tầng phân tập các thành tạo cát Đệ tứ ven biển Nam Trung Bộ và ý nghĩa địa tầng

Nguyễn Văn Tuấn<sup>1,\*</sup>, Trần Nghi<sup>2</sup>, Trần Tân Văn<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản, 67 Chiến Thắng, Văn Quán, Hà Đông, Hà Nội, Việt Nam*

<sup>2</sup>*Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQGHN, 334 Nguyễn Trãi, Thanh Xuân, Hà Nội, Việt Nam*

Nhận ngày 12 tháng 4 năm 2019

Chỉnh sửa ngày 09 tháng 5 năm 2019; Chấp nhận đăng ngày 22 tháng 5 năm 2019

**Tóm tắt:** Các thành tạo cát ven biển Nam Trung Bộ đã được nhiều tác giả nghiên cứu theo nhiều mục tiêu khác nhau, chủ yếu là phục vụ đo vẽ lập bản đồ ở các tỷ lệ khác nhau. Có 5 chu kỳ trầm tích được xác lập dựa trên tuổi tuyệt đối của cát phân tích bằng phương pháp nhiệt huỳnh quang thạch anh (TL), phương pháp đối sánh với 5 chu kỳ băng hà/gian băng trên thế giới và 5 chu kỳ trầm tích của đồng bằng Sông Hồng. 5 chu kỳ trầm tích cát ven biển Nam Trung Bộ tương ứng với 5 phức tập. Phức tập 1 có tuổi Pleistocen sớm phân sớm ( $Q_1^1$ ); phức tập 2 có tuổi Pleistocen giữa phân sớm ( $Q_1^{2a}$ ); phức tập 3 có tuổi Pleistocen giữa phân muộn ( $Q_1^{2b}$ ); phức tập 4 có tuổi Pleistocen muộn phân sớm ( $Q_1^{3a}$ ); phức tập 5 có tuổi Pleistocen muộn phân muộn-Holocen ( $Q_1^{3b}$ - $Q_2$ ). Mỗi phức tập có 3 miền hệ thống tương ứng với 3 phức hệ tương trầm tích: (1) Miền hệ thống trầm tích biển thấp tương ứng với phức hệ tương cát sạn aluvi (arLST) hoặc phức hệ tương cát đỏ biển-gió (mvLST); (2) Miền hệ thống trầm tích biển tiến tương ứng với phức hệ tương cát trắng, cát trắng loang lổ đê cát ven bờ (mtTST); (3) Miền hệ thống trầm tích biển cao tương ứng với phức hệ tương cát đỏ biển-gió (mvHST).

**Từ khóa:** Phức tập, chu kỳ trầm tích, miền hệ thống trầm tích, phức hệ tương trầm tích.

### 1. Mở đầu

Trước năm 1975, nghiên cứu về địa chất-địa mạo ven biển Nam Trung Bộ ít được quan tâm, ngoại trừ Fontain (1972) đã có một công trình nghiên cứu về địa chất Đệ Tứ khu vực duyên hải Nam Trung Bộ. Trong công trình này, Fontain đã phát hiện ra một tầng cát kết vôi mà ông cho là tuổi Neogen nằm trên thềm biển cao ở bờ biển Khánh

Hòa. Đây là nhận định mang tính chất cảm tính mà chưa có kiểm chứng về tuổi tuyệt đối. Từ năm 1975 đến nay đã có nhiều công trình nghiên cứu chuyên đề và thực hiện các nhiệm vụ đo vẽ bản đồ địa chất Đệ Tứ tỷ lệ 1/500.000 (Đỗ Tuyết, Nguyễn Đức Tâm, 1994), tỷ lệ 1/100.000 (Ngô Quang Toàn, 2001), tỷ lệ 1/50.000 (Nguyễn Văn Cường, 2001; Hoàng Phương, 1977; Ma Công Cọ, 1997) [1-4]. Các tác giả đã thành lập cột địa tầng trầm tích Đệ

\*Tác giả liên hệ.

Địa chỉ email: [geotech.vn.tuan@gmail.com](mailto:geotech.vn.tuan@gmail.com)

<https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuees.4382>

Tứ không có trầm tích tuổi Pleistocen sớm, phần sớm ( $Q_1^1$ ) và xác lập hệ tầng Phan Thiết có tuổi  $Q_1^{2-3pt}$  khác với Lê Đức An (1978) đã xác lập hệ tầng Phan Thiết có tuổi  $Q_1^{2pt}$  [5]. Kết quả xác định tuổi của hệ tầng Phan Thiết chỉ có tính chất quy ước vì lúc bấy giờ chưa có giá trị tuổi tuyệt đối.

Năm 2000-2001 Trường Đại học Khoa học Tự nhiên-Đại học Quốc gia Hà Nội và Trường Đại học Tổng hợp Wollongong đã triển khai một đề tài hợp tác “Nghiên cứu tuổi, nguồn gốc và điều kiện thành tạo cát đỏ khu vực Bình Thuận” do Trần Nghi, Colin Wallace, Brian Jone chủ trì thực hiện. Các tác giả đã phát hiện tầng cát đỏ bị laterit hóa dạng mũ sắt chứa tectit sắc cạnh, đồng thời lần đầu tiên đã lấy mẫu ở vết lộ và phân tích tuổi tuyệt đối bằng phương pháp nhiệt huỳnh quang thạch anh (TL) một loạt mẫu tại phòng thí nghiệm nhiệt huỳnh quang của Khoa Địa chất, Trường Đại học Tổng hợp Wollongong (Bảng 1) [6].

Các kết quả nghiên cứu nói trên đã có những đóng góp quan trọng về dự đoán tuổi thành tạo trầm tích của hệ tầng Phan Thiết và hệ tầng Mũi Né có tuổi Pleistocen giữa và Pleistocen muộn là tương đối chính xác mặc dù chưa có số liệu phân tích tuổi tuyệt đối. Những công trình công bố của

Trần Nghi và nnk (1998) [7], Lê Đức An (1978) tuy đã có phát hiện được tuổi Pleistocen sớm của tầng cát đỏ nằm dưới lớp “mũ sắt” chứa tectit nguyên dạng có tuổi 700 kaBP, đã có giải thích màu đỏ của cát và nguồn gốc vật liệu cát là từ biển đưa vào. Tuy nhiên, các tác giả vẫn chưa làm sáng tỏ được một số vấn đề quan trọng về trầm tích luận của tất cả các thành tạo cát ven biển Đệ Tứ khu vực Nam Trung Bộ: (1) Đặc điểm thành phần vật chất và nguyên nhân dẫn đến màu sắc đa dạng của các thành tạo cát ven biển Bình Thuận-Ninh Thuận; (2) Tính chu kỳ của các thành tạo cát và mối quan hệ giữa tính chu kỳ với các phức tạp trong mối quan hệ với sự thay đổi mực nước biển trong Đệ Tứ; (3) Đặc biệt, vấn đề địa tầng phân tập các thành tạo cát ven biển Việt Nam nói chung và ven biển Nam Trung Bộ nói riêng chưa được nghiên cứu.

Nội dung của bài báo sẽ tập trung giới thiệu một cách chi tiết nội hàm của 3 vấn đề nói trên theo quan điểm tiếp cận hệ thống, tức là phân tích địa tầng phân tập trong mối quan hệ với chu kỳ trầm tích và tương trầm tích được diễn ra theo 5 chu kỳ biển thoái và biển tiến do ảnh hưởng của 5 chu kỳ băng hà/gian băng toàn cầu.

Bảng 1. Tổng hợp kết quả phân tích tuổi tuyệt đối (TL) của trầm tích cát Đệ Tứ và tectit khu vực Ninh Thuận - Bình Thuận

Phức tập (Sq)	Tuổi địa chất	Số hiệu mẫu	Tuổi TL (ka)	Tuổi tectit (ka)	Vị trí lấy mẫu	Phòng thí nghiệm	Năm phân tích	Nguồn tài liệu
Sq <sub>5</sub>	Q <sub>1</sub> <sup>3b</sup> - Q <sub>2</sub>	VN 44	14±2		Bàu trắng	Trường Đại học Wollongong, Australia	2000-2001	Colin V. Murray-Wallace
		VN 11	14±2		Tuy Phong			
		VN 43	28±2		Sân bay Phan Thiết			
	30 ka Bp	VN 45	28±4		Sân bay Phan Thiết			
Sq <sub>4</sub>	Q <sub>1</sub> <sup>3a</sup>	VN 37	48±6		Suối Tiên			
		VN 18	52±7		Chí Công			
		VN 30	62±6		Sông Lũy			
	70 ka Bp	VN 15	85±9		Suối Tiên			
Sq <sub>3</sub>								

	Q <sub>1</sub> <sup>2a</sup>	VN 12b	99±19		Tuy Phong			
		VN 31	101±1 7		Hòn Rơm			
		VN 20	103±1 1		Chí Công			
		VN 32	108±4 9		Hòn Rơm			
		VN 29	>122		Sông Lũy			
S <sub>q2</sub>	150 ka Bp	VN 14b	> 181		Suối Tiên			
	Q <sub>1</sub> <sup>2a</sup>	VN 14	> 204		Suối Tiên			
		J30404		650	Phan Rang			
S <sub>q1</sub>	700 ka Bp	VN 101		700	Hòn Rơm			
	Q <sub>1</sub> <sup>1</sup>	J20132		720	Tuy Phong			

## 2. Cơ sở tài liệu và phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Cơ sở tài liệu

Để hoàn thành bài báo này tập thể tác giả đã thu thập, lựa chọn những tài liệu và số liệu đa dạng và phong phú gồm các ảnh chụp ngoài trời, số liệu phân tích độ hạt, kết quả phân tích khoáng vật nặng từ kính 2 mắt, phân tích lát mỏng thạch học bờ rời, phân tích khoáng vật sét và khoáng vật chứa Fe<sup>3+</sup> bằng phương pháp X-Ray và phân tích nhiệt vi sai (bảng 2, hình 1). Đặc biệt, kết quả phân tích hơn 50 mẫu tuổi tuyệt đối bằng phương pháp nhiệt huỳnh quang thạch anh (TL) tại phòng thí nghiệm Khoa Địa chất, Trường Đại học Tổng hợp Wollongong (Australia) là cơ sở quan trọng để phân chia tuổi các phức tập và các miền hệ thống (bảng 1).

### 2.2. Phương pháp luận và các phương pháp nghiên cứu

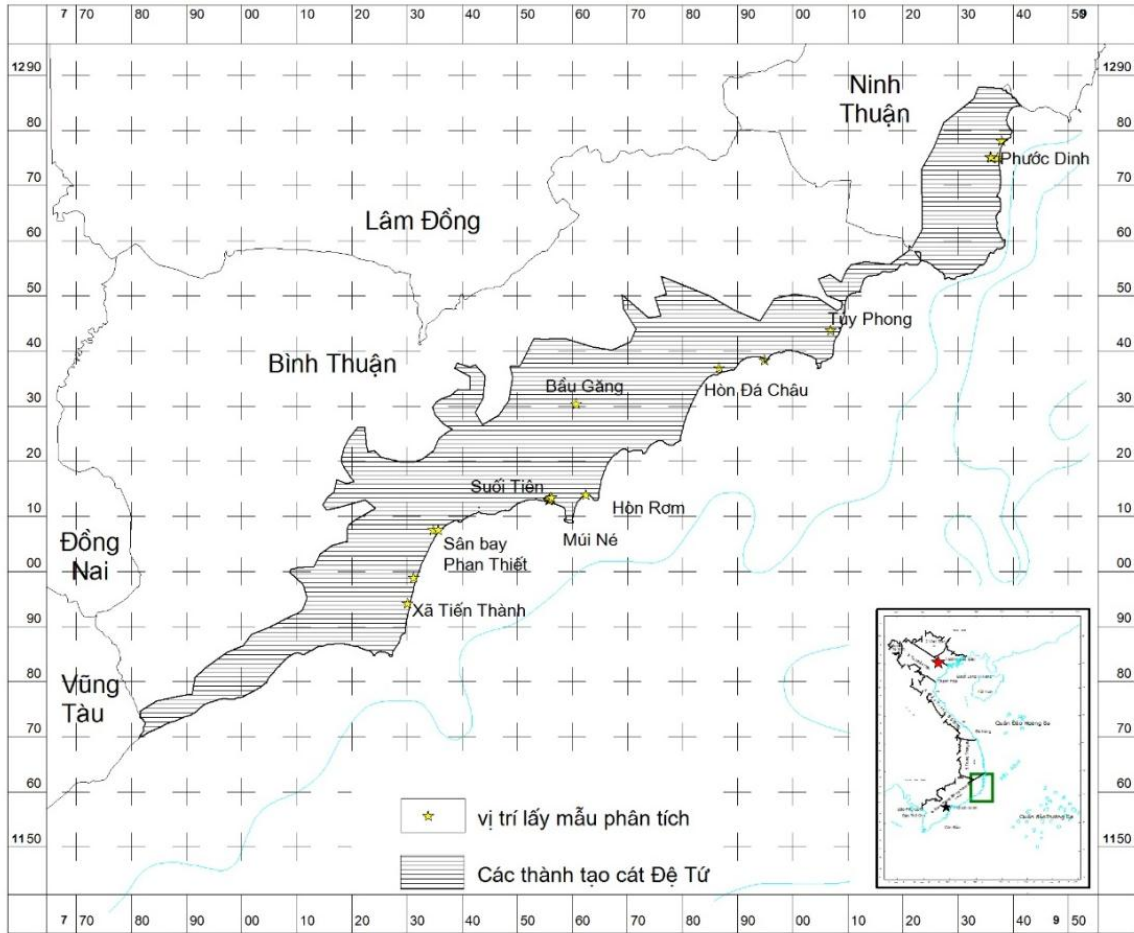
#### Phương pháp luận

Nghiên cứu địa tầng phân tập trầm tích cát ven

biển Nam Trung Bộ được tiếp cận từ định nghĩa địa tầng phân tập do Trần Nghi đề xuất: “Địa tầng phân tập là sự sắp xếp có quy luật của các tướng và nhóm tướng trầm tích trong khung địa tầng theo không gian và thời gian trong mối quan hệ với sự thay đổi mực nước biển chân tĩnh và chuyển động kiến tạo” [8].

Từ định nghĩa đó, khi phân tích địa tầng phân tập các thành tạo cát ven biển Nam Trung Bộ tác giả tập trung vào 2 nội dung quan trọng:

- Mối quan hệ giữa chu kỳ trầm tích và các phức tập trong mối quan hệ với 5 chu kỳ thay đổi mực nước biển do ảnh hưởng của 5 chu kỳ băng hà/gian băng: (1) Gunz/G-M; (2) Mindel/M-R; (3) Riss/R-W1; (4) Wurm1/W1-W2; (5) Wurm 2/Biển tiến Flandrian (hình 2). Các chu kỳ trầm tích và các phức tập được phân chia trên cơ sở sự thay đổi tướng liên tục theo mặt cắt địa chất trầm tích, tuổi TL (nhiệt huỳnh quang thạch anh) và tuổi tectit đại diện cho tất cả các phức tập.



Hình 1. Sơ đồ tài liệu thực tế khu vực nghiên cứu.

Bảng 2. Tổng hợp cơ sở tài liệu nghiên cứu trầm tích cát ven biển Nam Trung Bộ

(Đơn vị: mẫu)

Khu vực	Phân tích độ hạt	Phân tích Lát mỏng thạch học	Phân tích X-Ray và nhiệt vi sai	Phân tích hóa silicat	Phân tích ngoài vết lộ	Phân tích trọng sa
Sân bay Phan Thiết	50	50	15	10	8	20
Suối Tiên	60	60	10	15	15	15
Hòn Rơm	40	40	10	15	10	20
Tiến Thành	30	30	8	12	10	10
Sông Lũy	40	40	9	12	12	15
Chí Công	35	35	10	10	8	10
Phước Dinh	25	25	15	10	8	12
Phan Rang	30	30	15	8	7	8

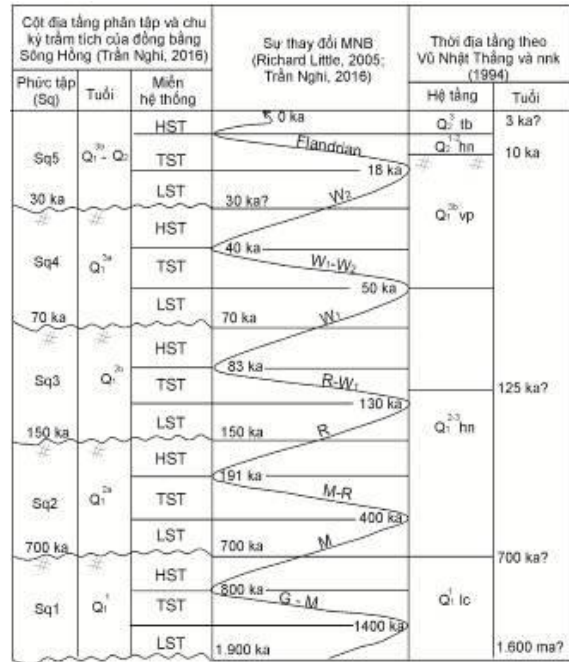
- Nghiên cứu địa tầng phân tập các thành tạo cát ven biển Nam Trung Bộ phải dựa trên quan điểm tiếp cận nhân-quả và tiếp cận đối sánh. Trong đó quan trọng nhất là tiếp cận nhân-quả giữa 3 yếu tố: trầm tích, sự thay đổi mực nước biển và chuyển động kiến tạo. Trong Đệ Tứ, mực nước biển thay đổi theo 5 chu kỳ do ảnh hưởng của 5 chu kỳ băng hà và gian băng là nguyên nhân tạo ra 5 chu kỳ trầm tích và 5 đơn vị địa tầng phân tập. Tuy nhiên, xác định ranh giới chu kỳ trầm tích đối với các thành tạo cát không thể không so sánh với 5 chu kỳ trầm tích và 5 đơn vị địa tầng phân tập của trầm tích Đệ Tứ đồng bằng sông Hồng (hình 3). Theo Trần Nghi (2018), ranh giới phức tập (sequence) trầm tích Đệ Tứ của đồng bằng Sông Hồng được phân định tại ranh giới giữa tướng aluvi biển thấp (nằm trên) và tướng châu thổ biển cao (nằm dưới) (arLST/amhHST) [8, 9]. Theo phương pháp đối sánh, trầm tích cát Nam Trung Bộ sẽ phân định ranh giới phức tập tại ranh giới giữa tướng cát biển-gió biển thấp (nằm trên) và tướng cát biển-gió biển cao (nằm dưới) (mvLST/mvHST).

**Các phương pháp nghiên cứu**

- *Phương pháp nghiên cứu ngoài trời:* quan sát và chụp ảnh chọn lọc các vết lộ tiêu biểu để chứng minh cho tính đa dạng của địa hình-địa mạo, các bậc thềm ở các độ cao và tuổi khác nhau, đặc điểm thạch học, kiến trúc và cấu tạo, màu sắc và quy luật phân bố. Những hình ảnh này minh chứng cho điều kiện môi trường thành tạo của các thực thể trầm tích cát là do sóng biển hay do gió, cấu thành một bức tranh kỳ vĩ của lịch sử phát triển địa chất lâu dài và cảnh quan đa dạng của trầm tích cát có tuổi từ Pleistocen sớm (Q<sub>1</sub>) đến Holocen (Q<sub>2</sub>) phân bố trải dài từ Ninh Thuận đến Bình Thuận.

Châu Âu		Mỹ		Thời gian (ngàn năm)	Phức tập và mực nước biển (Trần Nghi, 2016)
Gian băng	Băng hà	Gian băng	Băng hà		
Hiện tại		Holocene		5 - 0	Sq <sub>1</sub>
	wurm 2	Wisconsinan (Woodfordian)		18 - 5	Q <sub>1</sub> - Q <sub>2</sub>
				40 - 18	Sq <sub>2</sub>
	W1 - W2	Wisconsinan		50 - 40	Q <sub>1</sub>
				83 - 50	Q <sub>2</sub>
	wurm 1	Wisconsinan (Flandrian)		130 - 83	Sq <sub>3</sub>
				191 - 130	Q <sub>2</sub>
	R - W1	Sangamonian	Flandrian	400 - 191	Sq <sub>4</sub>
				700 - 400	Q <sub>1</sub>
	Riss	Lincolian		800 - 400	Q <sub>2</sub>
				1400 - 800	Sq <sub>1</sub>
	W - R	Yarmouthian		1900 - 1400	Q <sub>1</sub>
					Q <sub>2</sub>
	Mindel	Kessen			Q <sub>1</sub>
					Q <sub>2</sub>
	G - M	Aftonian			Q <sub>1</sub>
					Q <sub>2</sub>
	Gunz	Nebraska			Q <sub>1</sub>
					Q <sub>2</sub>

Hình 2. Đối sánh chu kỳ trầm tích địa tầng phân tập của ĐBSH với chu kỳ băng hà ở Châu Âu và Mỹ.



Hình 3. Đối sánh cột địa tầng phân tập (Trần Nghi, 2016) với thời địa tầng (Vũ Nhật Thắng và nnk, 1994) của đồng bằng Sông Hồng.

- *Các phương pháp nghiên cứu trong phòng:*

a) Phương pháp phân tích độ hạt để tính các tham số Md, So, Sk. Các tham số này được tính toán từ số liệu phân tích độ hạt theo thang Φ (Folk, 1960):

$$\Phi = - \log_2 d$$

Tham số So là tiêu chí quan trọng trong phân tích tướng, cho phép xác định được môi trường và chế độ động lực lắng đọng trầm tích một cách chính xác. Khi So dao động trong khoảng 1,2-1,5 thì cát được lắng đọng trong môi trường bãi triều và đê cát ven bờ có sóng hoạt động mạnh(m). Khi So tăng lên 1,5-1,9 là biểu hiện môi trường biển-gió (mv), nghĩa là cát có nguồn gốc biển, song bị tái vận chuyển và tái lắng đọng do gió. Vì vậy trong cát thạch anh thường có chứa một hàm lượng bột sét từ 8% đến 15%.

b) Phương pháp tính hệ số mài tròn (Ro) và hệ số thạch anh (Q). Hai hệ số này được xác định bằng lát mỏng thạch học bờ ròi theo phương pháp do Trần Nghi (2002) đề xuất:

$$Ro = 1 - 0,1.n.$$

Trong đó,  $R_o$  là hệ số mài tròn của 1 hạt;  $n$  là số góc lồi trong một hạt.  $R_o$  biến thiên từ 0-1.

$$Q = n/N.$$

Trong đó  $Q$  là hệ số thạch anh;  $n$  là số vạch thước trác vi thị kính cắt tất cả các hạt thạch anh trong thị trường;  $N$  là tổng số vạch thước trác vi thị kính cắt tất cả các hạt vụn có trong thị trường (gồm cả thạch anh, fenspat và mảnh đá).  $Q$  biến thiên từ 0-1 (được quy đổi từ % thành hệ số)

Sử dụng tổng hợp cả 3 hệ số:  $S_o$ ,  $R_o$  và  $Q$  sẽ là cơ sở quan trọng trong quá trình phân tích tướng cát ven biển Nam Trung Bộ. Khi  $S_o < 1,3$ ;  $R_o > 0,7$ ;  $Q > 0,9$  có thể khẳng định đây là môi trường bãi triều và đê cát ven bờ có sóng hoạt động rất mạnh. Ngược lại khi  $S_o > 2,5$ ;  $R_o < 0,3$ ;  $Q < 0,6$  là đặc trưng của môi trường lòng sông.

### 3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

#### 3.1. Đặc điểm cấu trúc địa chất và địa hình khu vực ven biển Ninh Thuận-Bình Thuận

Vào đầu Pliocen khu vực Ninh Thuận-Bình Thuận quá trình thành tạo các bậc phương đông bắc-tây nam tiếp tục hoạt động và tạo các bồn trũng nhỏ lấp đầy thành hệ trầm tích lục nguyên. Đồng thời các đứt gãy kinh tuyến, vĩ tuyến và tây bắc - đông nam trở nên hoạt động mạnh kiểu tách giãn và trượt bằng mạnh mẽ tạo bồn trũng chõng gối lên các bậc đông bắc-tây nam ở giai đoạn trước đó, do ảnh hưởng của biển Đông trượt về phía đông. Vào Đệ tứ tiếp tục kế thừa cơ chế tách giãn nâng trôi, tạo các bồn trũng nội lục lấp đầy các trầm tích Đệ tứ chõng gối lên các cấu trúc sụt lún có trước kèm theo hiện tượng tách giãn cục bộ làm xuất hiện các thành hệ bazan toleit tuổi Pleistocen muộn kéo dài từ Ka Lon đến sông Lũy theo phương kinh tuyến [4]. Như vậy giai đoạn Pliocen-Đệ tứ tạo nên cấu trúc nâng hạ xen kẽ nhau không quy luật gây phức tạp hóa cấu trúc khu vực.

Khu vực ven biển Ninh Thuận-Bình Thuận nổi tiếng là đới có khí hậu khô hạn trong suốt thời gian Đệ Tứ. Sự đa dạng địa hình là kết quả của lịch sử phát triển địa chất nội và ngoại sinh trong Cenozoi đến nay. Nói cách khác, quá trình hoạt động địa chất là một trong những nguyên nhân quan trọng,

quyết định sự phân hóa địa hình phức tạp và đặc điểm khí hậu đặc thù khô nóng của Ninh Thuận và Bình Thuận. Có thể nhận thấy rất dễ dàng 3 đới cấu trúc địa chất và địa hình khác nhau phân hóa từ đất liền ra biển như sau: (1) Đới đồng bằng thấp phân bố phía trong có nguồn gốc sông-lagoon với bề dày trầm tích Đệ Tứ rất mỏng (0-20m), chứng tỏ tốc độ và biên độ sụt lún kiến tạo rất yếu. Vì vậy, đồng bằng Đệ Tứ ven biển Ninh Thuận và Bình Thuận khả năng chứa nước ngầm kém nhất so với tất cả các đồng bằng Đệ Tứ ở Việt Nam; (2) Đới cồn cát ven biển có địa hình khá đa dạng: địa hình dạng gò đồi lượn sóng của cát đỏ phong thành có tuổi từ Pleistocen đến Holocen muộn, bắt gặp ở các độ cao khác nhau từ 5-150m; các thềm biển mài mòn và tích tụ phân bố ở các độ cao giảm dần, bắt đầu từ 100m (thềm Maviéc, Ninh Thuận), 80m (sân bay Phan Thiết), 60-40m (Sông Lũy), 25-15m (Tiền Thành, Phước Thê), 10-6m (Bàu Găng); thành phần thạch học gồm 3 phức hệ tương trầm tích: tương cát aluvi có tuổi Pleistocen sớm phân bố ở phần thấp nhất, tương đê cát ven bờ và tương cồn cát do gió phủ chồng lên nhau theo chu kỳ biển thoái và biển tiến. Các cồn cát có độ cao lên tới 150m là do các thành tạo cát Đệ Tứ được tích tụ trên móng địa chất Đệ Tam có cấu trúc địa chất nâng cao. Tiếp đến hoạt động của gió trong miền khí hậu khô nóng đã đóng một vai trò quan trọng trong việc tôn cao cát đỏ lên những vị trí khác nhau. Các thành tạo cát có cấu trúc chu kỳ, đầu tiên là tương cát xám lòng sông biển thấp (arLST), tiếp đến là tương cát trắng hoặc cát trắng vàng, loang lổ đê cát ven bờ biển tiến (mTST) và kết thúc là tương cát đỏ biển-gió biển cao (mvHST). Móng bên dưới các thành tạo này hiện tại vẫn đang tiếp tục được nâng cao; (3) Đới sụt lún yếu phía đông tạo nên địa hình đáy biển ven bờ khá nông và mở rộng từ đáy biển ven bờ Tuy Hòa, Phú Yên theo hướng đông nam thành một khu vực rộng lớn. Địa hình nông và rộng của đáy biển Ninh Thuận-Bình Thuận đóng vai trò như “cái bẫy” chứa cát và qua các chu kỳ biển thoái-biển tiến khối lượng cát đã được dự trữ trở nên khổng lồ. Đó là nguồn cát được đưa vào đất liền qua các pha biển tiến theo phương thức dồn đẩy của sóng tạo nên các đê cát ven bờ biển Ninh Thuận-Bình Thuận từ Pleistocen đến Holocen.



### 3.2. Đặc điểm địa tầng phân tập các thành tạo cát ven biển Nam trung Bộ

#### 1) Khái quát:

Nghiên cứu địa tầng phân tập các thành tạo cát ven biển Nam Trung Bộ tác giả tiếp cận theo mô hình do Trần Nghi (2012, 2014, 2018) đề xuất [8]. Theo mô hình này, nghiên cứu lịch sử tiến hóa trầm tích được phân tích-luận giải trong mối quan hệ với sự thay đổi mực nước biển và chuyển động kiến tạo. Sự thay đổi mực nước biển là hệ quả của 5 chu kỳ băng hà/gian băng trong Đệ Tứ. Khi nghiên cứu chi tiết trầm tích Đệ Tứ ĐBSH Trần Nghi (2018) đã cho rằng sự thay đổi mực nước biển theo 5 chu kỳ là nguyên nhân tạo ra 5 chu kỳ tương trầm tích. Ranh giới giữa các chu kỳ là bề mặt bất chỉnh hợp do sông bào mòn cắt xẻ. Bắt đầu mỗi chu kỳ là tương cuội sạn và cát lòng sông tương ứng với miền hệ thống trầm tích biển thấp (arLST). Kết thúc mỗi chu kỳ là tương bột sét đồng bằng châu thổ bị laterit hóa loang lổ thuộc miền hệ thống trầm tích biển cao (amHST).

Đối với các thành tạo cát ven biển Nam Trung Bộ, mối quan hệ giữa tương trầm tích và sự thay đổi mực nước biển toàn cầu nhìn chung vẫn thể hiện theo quy luật 5 chu kỳ thay đổi tương trầm tích, song lại tuân theo quy luật đặc thù của cát. Bắt đầu mỗi chu kỳ tương cát đỏ biển-gió thuộc miền hệ thống trầm tích biển thấp (mvLST) và kết thúc mỗi chu kỳ cũng là tương cát đỏ biển-gió nhưng thuộc miền hệ thống trầm tích biển cao (mvHST).

#### 2) Đặc điểm địa tầng phân tập

Nghiên cứu địa tầng phân tập các thành tạo cát ven biển Ninh Thuận-Bình Thuận tiếp cận từ chu kỳ tương trầm tích cát gắn với tuổi tuyệt đối của cát giúp cho việc phân chia các đơn vị địa tầng phân tập có cơ sở đáng tin cậy hơn (bảng 1, bảng 2). Theo hướng tiếp cận đó, tác giả tiến hành nghiên cứu chi tiết 5 mặt cắt địa chất trầm tích chuẩn trên toàn bộ khu vực ven biển Nam Trung Bộ: (1) Mặt cắt tại sân bay Phan Thiết, Bình Thuận; (2) Mặt cắt tại khu vực Suối Tiên, Mũi Né, Bình Thuận; (3) Mặt cắt tại khu vực Hòn Rom, Mũi Né, Bình Thuận; (4) Mặt cắt khu vực Tiến Thành, Bình Thuận; (5) Mặt cắt khu vực Phước Dinh, Ninh Thuận.

Trên cơ sở tổng hợp 5 mặt cắt chuẩn về địa chất trầm tích nói trên, có thể mô tả 5 phức tập trầm tích cát ven biển Nam Trung Bộ theo đặc điểm cộng sinh tương như sau:

(1) Phức tập 1 tuổi Pleistocen sớm (1600-700ka BP) ( $Sq_1-Q_1^1$ ):






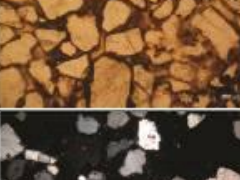
Có mặt đầy đủ 3 phức hệ tương ứng với 3 miền hệ thống ở cả 3 mặt cắt (Suối Tiên, Hòn Rom, Tiến Thành và Phước Dinh) (hình 4,5).

- **Miền hệ thống trầm tích biển thấp (LST,  $Sq_1-Q_1^1$ ):** Tương cuội sạn và cát lòng sông thuộc miền hệ thống trầm tích biển thấp (arLST,  $Sq_1-Q_1^1$ )





Tại khu vực Suối Tiên, Hòn Rom, Tiến Thành và Phước Dinh lộ ra các tương cuội sạn cát và cát đa khoáng có cấu tạo phân lớp xiên chéo đồng hướng của dòng chảy một chiều góc nghiêng của các seri khá dốc ( $25-40^\circ$ ). Môi trường lòng sông miền núi, miền trung du và đồng bằng (hình 4; 5). Dưới lát mỏng thạch học thấy rõ thành phần thạch học của các tương trầm tích trên đều thuộc loại đa khoáng, có độ chọn lọc và mài tròn kém ( $Ro=0,3$ ;  $So=2,8$ ), giàu matrix và mảnh đá. Hàm lượng thạch anh thấp (25%) (hình 6,7). Kết quả phân tích hóa học toàn phần cho thấy hàm lượng  $SiO_2$  chỉ chiếm 55% là hoàn toàn phù hợp với hàm lượng thấp của khoáng vật thạch anh (bảng 3).

- **Miền hệ thống trầm tích biển tiến (TST,  $Sq_1-Q_1^1$ ):** Tương cát màu xám và màu trắng, loang lổ đê cát ven bờ thuộc miền hệ thống trầm tích biển tiến (mtTST,  $Sq_1-Q_1^1$ ). Tương trầm tích này gặp ở Suối Tiên-Mũi Né, Hòn Rom, Tuy Phong và Tiến Thành. Ở Suối Tiên, cát có màu xám, cấu tạo phân lớp xiên chéo thô do sóng (hình 4). Ở Tuy Phong, tầng cát này chứa tectit nguyên dạng có tuổi 720 kaBP (bảng 1). Dưới lát mỏng thạch học, thấy rõ cát thạch anh kiến trúc hạt trung của trầm tích cát sạn ở Suối Tiên có chứa mảnh vụn san hô. Cát có độ mài tròn và chọn lọc tốt ( $Ro=0,7$ ;  $So=1,3$ ), hàm lượng thạch anh chiếm 95%, môi trường có sóng hoạt động mạnh thuộc tương đê cát ven bờ (hình 6). Tương tự như vậy, lát mỏng ảnh chụp dưới 2 nicon vuông góc ở khu vực Phước Dinh thuộc tương cát vàng loang lổ (mTST,  $Sq_1-Q_1^1$ ) có độ mài tròn và chọn lọc tốt, hàm lượng thạch anh rất cao (95%), chứng tỏ môi trường có sóng hoạt động mạnh (hình 7).

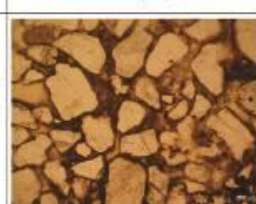
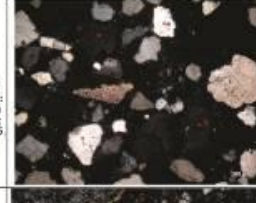



Phức hệ (SQ)	Chu kỳ trầm tích (C)	Tướng MHT Tuổi	Tướng trầm tích	Ảnh minh họa
S <sub>Q2</sub>	C <sub>1</sub>	mv HST Q <sub>1</sub>	Tướng cát đỏ biển gò. Cấu tạo phân lớp xiên chéo do gió, tuổi TL > 204 ka BP	
		m TST Q <sub>1</sub>	Tướng cát xen kẽ cát ven bờ. Cấu tạo phân lớp xiên chéo xen nằm ngang do sóng và triều, tuổi TL > 204 ka BP	
		ar LST Q <sub>1</sub>	Tướng cát xen kẽ đồng bằng. Cấu tạo phân lớp xen chéo đồng hướng	
S <sub>Q1</sub>	C <sub>1</sub>	mv HST Q <sub>1</sub>	Tướng cát đỏ biển gò, bị laterit hóa mạnh (hồ sủi chôn lấp nguyên dạng) (TĐ 202 kaBP)	
		m TST Q <sub>1</sub>	Tướng cát đỏ do cát ven bờ cấu tạo phân lớp xiên chéo do sóng.	
		ar LST Q <sub>1</sub>	Tướng cát xen kẽ đồng bằng hiện nay, thuộc trồi và thung lũng tích hiện nay. Cấu tạo phân lớp xen chéo đồng hướng đồng bằng hiện nay.	

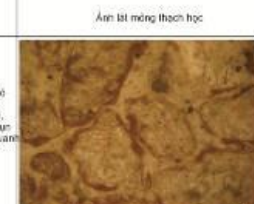
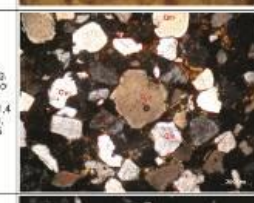

Hình 4. Các phức hệ tướng và miền hệ thống trầm tích của phức tập S<sub>Q1</sub>, S<sub>Q2</sub> (khu vực Suối Tiên, Bình Thuận).

Phức hệ (SQ)	Chu kỳ trầm tích (C)	Tướng MHT Tuổi	Tướng trầm tích	Ảnh minh họa
S <sub>Q1</sub>	C <sub>1</sub>	mv HST Q <sub>1</sub>	Mỏ cát chôn lấp nguyên dạng, tuổi TL > 700ka BP	
		mv HST Q <sub>1</sub>	Tướng cát đỏ biển gò. Cấu tạo phân lớp xiên chéo rộng do gió	
		m TST Q <sub>1</sub>	Tướng cát vàng, đỏ loãng lỗ do cát ven bờ. Cấu tạo phân lớp ngang xen phân lớp xiên chéo do sóng và triều.	
		ar LST Q <sub>1</sub>	Tướng sạn, cát, pha cuội cấu tạo phân lớp xiên chéo đồng hướng bằng sóng đồng bằng.	

Hình 5. Các phức hệ tướng và miền hệ thống trầm tích của phức tập S<sub>Q1</sub> (khu vực Hòn Rom, Mũi Né, Bình Thuận).

Phức hệ (SQ)	Mức nước biển	Kỳ địa chất	Tướng và miền hệ thống Đột biến tướng	Ảnh đại mông thạch học	
S <sub>Q1</sub>	Phloccolon sớm	Pliocen	mv HST	Tướng cát đỏ, biển gò (mv HST), nằm tương đối bên xa Pliocen - 200%. Tuổi tuổi: 700 ka BP, N <sub>1</sub> , x75	
			m TST	Tướng cát trắng, đỏ cát ven bờ (m TST), khu vực Suối Tiên, Hòn Rom, mũi Tiên, Hòn Né, Chôn lấp, nằm trên địa tầng Pliocen - 200%. Tuổi tuổi: 700 ka BP	
			ar LST	Tướng cát ven bờ không đồng bằng hiện nay (ar LST), khu vực Suối Tiên, Hòn Né, H <sub>1</sub> , x75, có tuổi > 700 ka BP	

Hình 6. Các phức hệ tướng và miền hệ thống trầm tích của phức tập S<sub>Q1</sub> (khu vực Suối Tiên, Hòn Rom, Mũi Né, Bình Thuận).

Phức hệ (SQ)	Tướng MHT Tuổi	Tướng trầm tích	Ảnh đại mông thạch học
S <sub>Q1</sub>	mv HST Q <sub>1</sub>	Tướng cát đỏ biển gò HST tuổi Q <sub>1</sub> khu vực Phước Dinh, Ninh Thuận, các hạt vật có vỏ Forams dày bao quanh N <sub>1</sub> , x75	
	m TST Q <sub>1</sub>	Tướng cát vàng, trắng loãng lỗ, có cát ven bờ m TST tuổi Q <sub>1</sub> Q=95%, R=0,6, S=1,4 khu vực Phước Dinh, Ninh Thuận, N <sub>1</sub> , x75	
	ar LST Q <sub>1</sub>	Tướng cát sạn đa khoáng lỏng sóng ar LST tuổi Q <sub>1</sub> khu vực Phước Dinh, Ninh Thuận, N <sub>1</sub> , x75	

Hình 7. Đặc điểm thạch học theo các miền hệ thống (LST, TST, HST) của phức tập S<sub>Q1</sub> (khu vực Phước Dinh, Ninh Thuận).

Bảng 3. Tổng hợp thành phần hóa học, khoáng vật sét và khoáng vật chứa sắt của trầm tích cát ven biển Nam Trung Bộ

Phức tập (Sq)	Tuổi	Số hiệu	Thành phần hóa học trung bình (%)					Khoáng vật sét và khoáng vật chứa sắt (%)						Tướng trầm tích
			SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Kl	Cl	Gơ	He	Ilit	Fl	
Sq5	Q <sub>1</sub> <sup>3b</sup> -Q <sub>2</sub>	BT.08/3	95	0,3	0,25	1,27	4,65	10	5,4	2,7	3,5	2,1	1,8	mv HST
		BT.09/5	97	0,5	0,14	0,55	0,45	3	0,8	1,5	3	0,8	0,5	m TST
		BT.01/4	94	0,3	0,18	2,3	5,19	11	6,2	3,4	4,1	1,8	1,5	mv LST
Sq4	Q <sub>1</sub> <sup>3a</sup>	BT.10/4	79	0,3	0,2	3,56	4,78	10	4,5	2,7	5,3	1,9	2,6	mv HST
		BT.09/4	96	0,7	0,45	0,48	0,85	5	2,6	1,2	4,7	0,9	3,5	m TST
		BT.07/4	91	0,3	0,05	2,65	5,45	9	5,1	3,1	8,1	2,2	1,7	mv LST
Sq3	Q <sub>1</sub> <sup>2b</sup>	BT.09/3	89	0,3	0,07	2,5	6,15	11	3,4	2,4	9,2	2,3	2	mv HST
		BT.07/2	90	0,5	1,15	1,25	1,28	2	1,5	0,9	5,2	1	4,1	m TST
		BT.05	51	0,2	0,06	4,24	5,63	12	4,3	1,8	6,3	2,6	0,9	mv LST
Sq2	Q <sub>1</sub> <sup>2a</sup>	BT.06/1	92	0,2	0,03	4,6	6,75	10	7,5	1,6	7,5	1,8	1,6	mv HST
		BT.07/1	94	0,6	0,08	2,15	1,35	3	2,4	0,8	4,8	0,7	5,6	m TST
		BT.10/2	91	0,1	0,07	4,25	8,21	13	3,5	2,1	8,1	1,9	2,5	mv LST
Sq1	Q <sub>1</sub> <sup>1</sup>	NT.3/3	84	0,1	0,05	8,25	29,7	12	6,4	2,2	5,2	2,3	1,2	mv HST
		BT.09/1	87	0,4	0,09	1,47	6,6	4	1,8	3,2	0,7	0,8	12,5	m TST
		BT.10/1	55	0,1	0,03	0,97	15,2	9	5,2	4,1	0,5	0,9	10,4	mv LST

Tại Hòn Rom, Mũi Né, miền hệ thống trầm tích biển tiến của  $Sq_1-Q_1^1$  trên một vết lộ vách của một đê cát ven bờ thấy rõ tướng cát đỏ loang lổ có cấu tạo phân lớp nằm ngang không hoàn chỉnh xen kẽ phân lớp xiên do sóng (hình 5).

Tại vách một vết lộ ở khu vực Tiên Thành, có thể quan sát được ranh giới của phức hệ tướng aluvi của miền hệ thống biển thấp (arLST) và phức hệ tướng cát đỏ của đê cát ven bờ thuộc miền hệ thống trầm tích biển tiến (mtTST).

- **Miền hệ thống trầm tích biển cao (HST,  $Sq_1-Q_1^1$ ):** Tướng cát đỏ biển-gió thuộc miền hệ thống trầm tích biển cao (mvHST,  $Sq_1-Q_1^1$ )

Tướng cát đỏ biển-gió thuộc miền hệ thống trầm tích biển cao của phức tập  $Sq_1$  gặp ở Hòn Rom và Suối Tiên (Mũi Né) được xác định nhờ quan hệ tầng cát này nằm dưới tầng “mũ sắt” phủ trên bị laterit hóa mạnh chứa tectit nguyên dạng có tuổi 700ka BP [1] (bảng 1, hình 4,5). Vết lộ tại Hòn Rom thấy rõ một mặt cắt liên tục có 2 phức hệ tướng cát phủ chồng lên nhau. Phức hệ tướng cát đỏ biển-gió cấu tạo phân lớp xiên chéo rộng thuộc miền hệ thống trầm tích biển cao (mvHST,  $Sq_1-Q_1^1$ ) phủ bất chỉnh hợp trên phức hệ tướng cát vàng đỏ loang lổ đê cát ven bờ (hình 5).

(2) **Phức tập 2 tuổi Pleistocen giữa phần sớm (700-150ka BP) ( $Sq_2-Q_1^{2a}$ )**

- Miền hệ thống trầm tích biển thấp (LST,  $Sq_2-Q_1^{2a}$ )

Miền hệ thống trầm tích biển thấp của phức tập  $Sq_2$  có 2 phức hệ tướng:

**Phức hệ tướng cát sạn lòng sông (arLST):** phân bố ở khu vực Suối Tiên, Mũi Né và Tiên Thành.

**Phức hệ tướng cát xám aluvi (arLST):** phân bố ở khu vực Suối Tiên-Mũi Né có cấu tạo phân lớp xiên chéo đồng hướng lòng sông đồng bằng (hình 4). Cát dính kết chắc bị nước mưa cát xẻ thành rãnh dạng caru. Dưới lát mỏng thạch học, ảnh chụp dưới hai nicon vuông góc thấy rõ cát kết thành phần đa khoáng thạch anh-litic, độ mài tròn và chọn lọc kém ( $Ro=0,4$ ;  $So=2,3$ ) (hình 8). Tại khu vực Tiên Thành, phức hệ tướng cát sạn loang lổ vàng đỏ, cấu tạo phân lớp xiên chéo đồng hướng lòng sông đồng bằng (hình 9). Tương tự với 2 phức hệ tướng aluvi ở Suối Tiên và Tiên Thành, phức hệ aluvi ở Phan Rang chứa tectit nguyên dạng có tuổi 650ka BP (bảng 1, bảng 4).

- **Miền hệ thống trầm tích biển tiến (TST,  $Sq_2-Q_1^{2a}$ ):** Tướng cát trắng loang lổ và tướng cát xám đê cát ven bờ (mtTST,  $Sq_2-Q_1^{2a}$ ) phân bố nhiều nơi trong khu vực nghiên cứu.

Mặt cắt khu vực Chí Công thấy rõ ranh giới của 2 phức hệ tướng: phức hệ tướng cát trắng loang lổ đê cát ven bờ (dưới) phân lớp nằm ngang do sóng và tướng cát đỏ biển-gió cấu tạo khối phủ lên trên (hình 10). Ở vết lộ bên vách Suối Tiên mặt cắt địa chất trầm tích cát rất giống với khu vực Chí Công. Tướng cát xám đê cát ven bờ cấu tạo phân lớp nằm ngang do sóng bị tướng cát đỏ biển-gió cấu tạo khối phủ trên bề mặt bào mòn (hình 4). Kết quả phân tích tuổi TL của tầng cát này  $>204kaBP$ .

- Miền hệ thống trầm tích biển cao (HST,  $Sq_2-Q_1^{2a}$ ): Tướng cát đỏ biển-gió (mvHST,  $Sq_2-Q_1^{2a}$ )

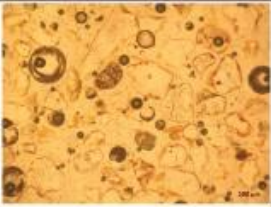
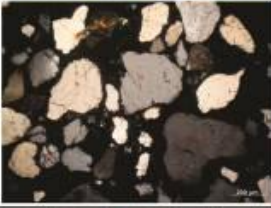
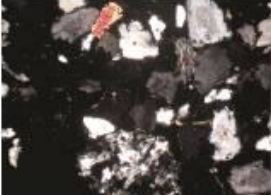
Tướng cát đỏ biển-gió ở Suối Tiên có tuổi (TL)  $>181kaBP$  (bảng 6), cấu tạo phân lớp xiên chéo rộng phủ trên bề mặt bào mòn của tướng cát trắng vàng loang lổ đê cát ven bờ, tạo ra một bức tranh đa sắc màu hết sức kỳ vĩ.

(3) **Phức tập 3 tuổi Pleistocen giữa phần muộn (150-70 BP) ( $Sq_3-Q_1^{2b}$ )**



- **Miền hệ thống trầm tích biển thấp (LST,  $Sq_3-Q_1^{2b}$ ):** Phức hệ tướng cuội sạn chứa cát thô đa khoáng (arLST,  $Sq_3-Q_1^{2b}$ ) phân bố ở khu vực Phức Thê (Ninh Thuận). Trầm tích có cấu tạo phân lớp xiên chéo đồng hướng lòng sông miền trung du (arLST- $Sq_3-Q_1^{2b}$ ) (hình 11). Tại Hòn Rom, miền hệ thống trầm tích biển thấp được đặc trưng bởi phức hệ tướng cát đỏ biển-gió có tuổi  $108 \pm 49 kaBP$ .

- **Miền hệ thống trầm tích biển tiến (TST,  $Sq_3-Q_1^{2b}$ ):** Phức hệ tướng cát xám, cát trắng vàng loang lổ đê cát ven bờ biển tiến (mtTST,  $Sq_3-Q_1^{2b}$ ).

Phức hệ tướng này gặp ở khu vực sân bay Phan Thiết, Chí Công (Bình Thuận) và ở Phước Dinh, Phức Thê (Ninh Thuận) (hình 10, 11). Phức hệ tướng cát trắng loang lổ đê cát ven bờ ở Chí Công có tuổi  $103 \pm 11 kaBP$  (bảng 4). Cát trắng của đê cát ven bờ bị dính kết chắc do keo silic và keo vôi. Những trận mưa lũ hàng năm đã cát xẻ thành những hình mũi mác, các bức tượng kỳ dị tạo ra bức tranh kỳ vĩ và huyền thoại.

Phức hệ (Sq)	Tướng MHT Tuổi	Tướng trầm tích	Ảnh hiển vi thạch học
Sq <sub>2</sub> Pleistocen giữa, phân sớm	MN 14b > 181 ka BP Suối Tiên	Tướng cát đỏ, biển gió (mv HST) khu vực MĐ Nê Bình Thuận, R <sub>0b</sub> =0,5 hạt ven bờ vỏ Fe/Ch hầu hết: N <sub>0</sub> , s <sub>75</sub>	
	m HST		
	Q <sub>1</sub> <sup>2b</sup>		
Sq <sub>1</sub>	MN 11b > 204 ka BP Suối Tiên	Tướng cát đỏ- cát ven bờ (m TST) màu xám trắng, chọn lọc; mài tròn tốt S <sub>0</sub> =1,3; R <sub>0</sub> =0,7; Q=45%, khu vực Suối Tiên, N <sub>0</sub> , s <sub>75</sub>	
	ar LST	Tướng cát sạn đá khoáng lỏng sàng đồng bằng, chọn lọc, mài tròn kém, khu vực Suối Tiên (S <sub>0</sub> =2,5; R <sub>0</sub> =0,4; Q=85%) N <sub>0</sub> , s <sub>75</sub>	

Hình 8. Đặc điểm thạch học theo các miền hệ thống (LST, TST, HST) của phức hệ Sq<sub>2</sub> (khu vực Suối Tiên, Bình Thuận).

Phức hệ (Sq)	Chu kỳ trầm tích (Q)	Tướng MHT Tuổi	Tướng trầm tích	Ảnh minh họa
Sq <sub>2</sub>	C <sub>1</sub> Q <sub>1</sub> <sup>2b</sup>	mv HST	Tướng cát vàng biển gió cấu tạo phân lớp xiên chéo rộng do gió	
		m TST	Tướng cát vàng để cát ven bờ biển tiến, cấu tạo phân lớp ngang do sóng và triều Tuổi TL > 122 kaBP (VN28)	
		ar LST	Tướng cát sạn phân lớp xám trắng đồng hướng sóng đồng bằng	
		mv HST	Tướng cát đỏ biển gió bị biến đổi mạnh	
Sq <sub>1</sub>	C <sub>1</sub> Q <sub>1</sub>	m TST	Tướng cát đỏ, cát ven bờ, cấu tạo phân lớp xiên chéo do sóng	
		ar LST	Tướng cát sạn phân lớp xiên chéo đồng hướng sóng miền núi	

Hình 9. Các phức hệ tương và miền hệ thống trầm tích của phức hệ Sq<sub>1</sub>, Sq<sub>2</sub> (khu vực Tiên Thành, Bình Thuận).

**- Miền hệ thống trầm tích biển cao (HST, Sq<sub>3</sub>-Q<sub>1</sub><sup>2b</sup>):** Phức hệ tương cát đỏ biển- gió biển cao (mvHST, Sq<sub>3</sub>-Q<sub>1</sub><sup>2b</sup>)

Diễn hình của miền hệ thống trầm tích này là phức hệ cát đỏ biển-gió ở Suối Tiên có tuổi 85±9 kaBP (bảng 1, bảng 4) phủ trên bề mặt bào mòn của phức hệ tương đê cát ven bờ. Trầm tích phổ biến có cấu tạo phân lớp xiên chéo rộng, đôi nơi có cấu tạo khối (hình 10; 12).

4) Phức hệ 4 tuổi Pleistocen muộn phân sớm (70-30ka BP) (Sq<sub>4</sub>, Q<sub>1</sub><sup>3a</sup>)

**- Miền hệ thống trầm tích biển thấp (LST, Sq<sub>4</sub>, Q<sub>1</sub><sup>3a</sup>):** Phức hệ tương cát đỏ biển-gió (mvLST, Sq<sub>4</sub>-Q<sub>1</sub><sup>3a</sup>) phân bố ở khu vực Sông Lũy, Chí Công.

Trầm tích có cấu tạo phân lớp xiên chéo rộng, màu đỏ rêu vang. Cát đỏ biển gió ở Sông Lũy có tuổi 62±6 ka BP phủ trên phức hệ tương cát đỏ biển-gió của phức hệ Sq<sub>3</sub> (hình 12, bảng 1, bảng 4). Dưới lát mỏng thạch học, hàm lượng thạch anh chưa đạt tới 90%, có độ mài tròn và

chọn lọc kém (R<sub>0</sub> = 0,4; S<sub>0</sub> = 2,3). Tất cả các hạt vụn đều bị bao bởi vỏ hematit dày, chứng tỏ giai đoạn biển thoái Pleistocen muộn có khí hậu khô nóng kéo dài xen kẽ với mưa lũ (hình 13).




**- Miền hệ thống trầm tích biển tiến (TST, Sq<sub>4</sub>, Q<sub>1</sub><sup>3a</sup>):** Phức hệ tương cát vàng, cát đỏ loang lổ đê cát ven bờ (mTST, Sq<sub>4</sub>, Q<sub>1</sub><sup>3a</sup>) phân bố ở Chí Công, sân bay Phan Thiết và Sông Lũy.

Phức hệ tương cát vàng đỏ loang lổ ở Chí Công có tuổi 52±17 ka BP, cấu tạo phân lớp ngang và xiên mịn do sóng. Hàm lượng thạch anh chiếm 94%, độ mài tròn và chọn lọc tương đối tốt (R<sub>0</sub> = 0,6; S<sub>0</sub> = 1,4) (hình 12).



**- Miền hệ thống trầm tích biển cao (HST, Sq<sub>4</sub>, Q<sub>1</sub><sup>3a</sup>):** Phức hệ tương cát đỏ biển-gió (mvHST, Sq<sub>4</sub>, Q<sub>1</sub><sup>3a</sup>) đặc trưng là mặt cắt ở Suối Tiên, Sông Lũy.

Cát thạch anh màu đỏ ở Suối Tiên có tuổi 48±6 ka BP. Hàm lượng SiO<sub>2</sub> thấp (79%) do trầm tích chứa nhiều thành phần bột sét (bảng 3).



Phức tập (Sq)	Chu kỳ trầm tích (q)	Tướng MHT Tuổi	Tướng trầm tích	
Sq4	C <sub>1</sub> Q <sub>1</sub> <sup>1</sup>	mv HST Q <sub>1</sub> <sup>1</sup>	Tướng cát vàng biển gió cấu tạo phân lớp xoắn chéo rộng do gió	
		m TST Q <sub>1</sub> <sup>1</sup>	Tướng cát đỏ để cát ven bờ cấu tạo phân lớp ngang song do sóng và triều	
		mv LST Q <sub>1</sub> <sup>1</sup>	Tướng cát đỏ nhạt biển - gió, cấu tạo khối	
Sq3	C <sub>1</sub> Q <sub>1</sub> <sup>1</sup>	mv HST Q <sub>1</sub> <sup>1</sup>	Tướng cát đỏ biển - gió, cấu tạo phân	
		m TST Q <sub>1</sub> <sup>1</sup>	Tướng cát vàng, trắng, loang lổ, để cát ven bờ.	
Sq2	C <sub>1</sub> Q <sub>1</sub> <sup>1</sup>	mv HST Q <sub>1</sub> <sup>1</sup>	Tướng cát đỏ biển - gió, lớp trên bị laterit	
		m TST Q <sub>1</sub> <sup>1</sup>	Tướng cát trắng - đỏ - vàng, loang lổ, để cát ven bờ.	





Hình 10. Các phức hệ tướng và miền hệ thống trầm tích của phức tập Sq<sub>2</sub> (khu vực Chí Công), Sq<sub>3</sub>, Sq<sub>4</sub> (khu vực Sân bay Phan Thiết).

Phức tập (Sq)	Chu kỳ trầm tích (q)	Tướng MHT Tuổi	Tướng trầm tích	Ảnh minh họa
Sq5	C <sub>5</sub> Q <sub>1</sub> <sup>5</sup>	mv HST Q <sub>1</sub> <sup>5</sup>	Tướng cát vàng nhạt biển - gió.	
Sq4	C <sub>4</sub> Q <sub>1</sub> <sup>4</sup>	mv HST Q <sub>1</sub> <sup>4</sup>	Tướng cát đỏ biển - gió.	
		m TST Q <sub>1</sub> <sup>4</sup>	Tướng cát vàng để cát ven bờ	
		mv LST Q <sub>1</sub> <sup>4</sup>	Tướng cát đỏ biển - gió	
Sq3	C <sub>3</sub> Q <sub>1</sub> <sup>3</sup>	mv HST Q <sub>1</sub> <sup>3</sup>	Tướng cát đỏ nâu biển - gió. Cấu tạo khối	
		m TST Q <sub>1</sub> <sup>3</sup>	Tướng cát màu nâu để cát ven bờ. Cấu tạo khối	
		ar LST Q <sub>1</sub> <sup>3</sup>	Tướng cát sạn, cát thô, cấu tạo phân lớp xoắn chéo, đồng hướng lóng sóng biển trung du	

Hình 11. Các phức hệ tướng và miền hệ thống trầm tích của phức tập Sq<sub>2</sub> (khu vực Chí Công), Sq<sub>3</sub>, Sq<sub>4</sub>, Sq<sub>5</sub> (khu vực Phước Dinh, Ninh Thuận).

Bảng 4. Tổng hợp các đặc điểm thạch học và tướng trầm tích cát Đệ Tứ khu vực Nam Trung Bộ theo địa tầng phân tập và chu kỳ trầm tích

Phức tập (Sq)	Tuổi	Miền hệ thống	Chu kỳ trầm tích	Md (mm)	Sotb	Ro tb	Qtb (%)	Tuổi TL (ka)	Tuổi Tectit (ka)	Địa điểm	Tướng và miền hệ thống trầm tích	Đặc điểm thạch học và tướng trầm tích	Dao động mực nước biển	
													Biển tiến	Biển thoái
Sq5	Q <sub>1</sub> 3b- Q <sub>2</sub> 30kaBp	HST	C5	0,22	1,5	0,7	93	VN44: 14±2		Bàu Trắng	mv HST	Tướng cát vàng biển- gió Holocen		
		TST		0,15-0,26	1,5-1,2	0,6-0,8	95-98	VN11: 14±2		Tùy Phong	mv, m TST	Tướng cát vàng biển- gió và cát trắng Holocen giữa		
		LST		0,21	1,4	0,6	92	VN45: 28±4		Sân bay Phan Thiết	mv LST	Tướng cát đỏ biển gió LST, tuổi Q <sub>3</sub> b		
Sq4	Q <sub>1</sub> 3a 70kaBp	HST	C4	0,19	1,5	0,6	91	VN37: 48±6		Suối Tiên	mv HST	Tướng cát đỏ biển-gió Pleistocen muộn, phân sớm		
		TST		0,27	1,3	0,8	96	VN18: 52±17		Chí Công	mTST	Tướng cát vàng - trắng, loang lổ, đê cát ven bờ, TST, tuổi Q <sub>1</sub> 3a		
		LST		0,20	1,4	0,7	90	VN30: 62+6		Sông Lũy	mv LST	Tướng cát đỏ biển gió LST, tuổi Q <sub>1</sub> 3a		
Sq3	Q <sub>1</sub> 2b 150kaBp	HST	C3	0,18	1,5	0,6	91	VN15: 85±9		Suối Tiên	mv HST	Tướng cát đỏ biển-gió HST, tuổi Q <sub>2</sub> b		
		TST		0,26	1,3	0,8	96	VN20: 103+11		Chí Công	m TST	Tướng cát vàng đỏ, đê cát ven bờ, TST, tuổi Q <sub>1</sub> 2b		
		LST		0,45	2,7	0,4	93	VN 32: 108±49		Hòn Rom	mv, ar LST	Tướng sạn cát lòng sông, TST, tuổi Q <sub>1</sub> 2b		
Sq2	Q <sub>1</sub> 2a 700kaBp	HST	C2	0,25	1,6	0,6	92	VN14b: >181		Suối Tiên	mv HST	Tướng cát đỏ biển-gió HST, tuổi Q <sub>1</sub> 2a		
		TST		0,23	1,3	0,7	95	VN14: >204		Suối Tiên	m TST	Tướng cát trắng-vàng, đê cát ven bờ, TST, tuổi Q <sub>1</sub> 2a		
		LST		0,18	1,3-2,5	0,7-0,5	90-45		J30404: 650	Phan Rang	mv, ar LST	Tướng cát đỏ biển-gió LST, tuổi Q <sub>1</sub> 2a		
Sq1	Q <sub>1</sub> 1.900kaBp	HST	C1	0,25	1,6	0,5	80		VN101: 700	Hòn Rom	mv HST	Tướng cát đỏ biển- gió HST, tuổi Q <sub>1</sub> 1		
		TST		0,24	1,5	0,6	85		J20132: 720	Tùy Phong	m TST	Tướng cát trắng xám, đê cát ven bờ, tuổi Q <sub>1</sub> 1		
		LST		<0,56	2,9	0,4	30				ar LST	Tướng cuội sạn lòng sông LST, tuổi Q <sub>1</sub> 1		

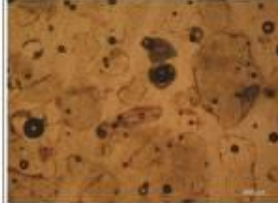

Phức tập (S <sub>q</sub> )	Chu kỳ biển tích (Q)	Tướng trầm tích	Tường trầm tích	Ảnh minh họa
S <sub>q2</sub>	Q <sub>1</sub> <sup>3b</sup>	mv LST Q <sub>1</sub> <sup>3b</sup>	LST, tương cát biển - gió, màu vàng nâu tạo vệt nhỏ	
		mv HST Q <sub>1</sub> <sup>3b</sup>	HST tương cát biển - gió, màu đỏ nâu tạo vệt xen nhỏ đỏ gió	
	Q <sub>2</sub>	m TST Q <sub>2</sub>	TST, tương cát ven bờ màu trắng, vàng đỏ tạo vệt xen nhỏ ở bờ sông	
		mv LST Q <sub>2</sub>	LST, tương cát ven biển - gió, màu đỏ, nâu phân lớp xen nhỏ ở bờ	
S <sub>q3</sub>	Q <sub>1</sub> <sup>3b</sup>	mv HST Q <sub>1</sub> <sup>3b</sup>	HST, tương cát trắng ven biển - gió, màu trắng	
		m TST Q <sub>1</sub> <sup>3b</sup>	TST, tương cát trắng đê cát ven bờ, nguồn gốc biển	
	4 LST Q <sub>1</sub> <sup>3b</sup>	LST, tương cát ven biển - gió (TST), cát ven bờ phân lớp xen nhỏ ở bờ sông hướng		

Hình 12. Các phức hệ tướng và miền hệ thống trầm tích của phức tập S<sub>q2</sub> (khu vực Chí Công), S<sub>q3</sub>, S<sub>q4</sub>, S<sub>q5</sub> (khu vực Mũi Né, Bình Thuận).

5) Phức tập 5 tuổi Pleistocen muộn phần muộn-Holocen (30 kaBP đến nay) (S<sub>q5</sub>, Q<sub>1</sub><sup>3b</sup>-Q<sub>2</sub>)

- Miền hệ thống trầm tích biển thấp (LST, S<sub>q5</sub>-Q<sub>1</sub><sup>3b</sup>-Q<sub>2</sub>): Phức hệ tương cát vàng biển-gió (mvLST, S<sub>q5</sub>-Q<sub>1</sub><sup>3b</sup>)

Phức hệ tương cát vàng biển-gió tuổi Pleistocen muộn (mvQ<sub>1</sub><sup>3b</sup>) khu vực ven biển Ninh Thuận-Bình Thuận được thành tạo từ 50-10kaBP, tức kéo dài suốt trong giai đoạn biển thoái của băng hà Wurm 2 (50-18 kaBP) và một nửa thời gian của biển tiến Flandrian (18-10 kaBP). Đây là giai đoạn hoạt động mạnh mẽ của gió và nước ngầm. Gió tái vận chuyển và tích tụ các cồn cát tạo nên địa hình gò đồi lượn sóng. Nước ngầm và nước mặt thay đổi theo mùa trong điều kiện khí hậu khô nóng. Môi trường các cồn cát luôn có sự luân phiên giữa mùa mưa (nước mang Fe<sup>2+</sup> đến, chế độ khử) và mùa khô (chế độ ô xy hóa) Fe<sup>2+</sup> không màu kết tủa thành Fe<sup>3+</sup> có màu vàng bao quanh các hạt vụn thạch anh. Do Ninh Thuận và Bình Thuận có chế độ khí hậu

Phức tập (S <sub>q</sub> )	Tướng MHT và MHT	Tướng trầm tích	Ảnh lát mỏng thạch học
S <sub>q4</sub> Q <sub>1</sub> <sup>3b</sup> Pleistocen muộn, phần sớm	mv HST	Tường cát đỏ biển-gió (mvHST). Hàm lượng bột sét >10%, hạt vụn có vỏ FeCo bao bọc: R=0.6; S=2.0; N+, x50	
		m TST	Tường cát thạch anh trắng, vàng, hồng, đỏ, đỏ cát ven bờ Q=85%; R=0.6; S=1.5; N+, x50
	mv LST	Tường cát đỏ, biển gió biển thấp (mvHST). Q=82%; R=0.6; S=1.4 hạt vụn có vỏ FeCo bao bọc: N+, x50	

Hình 13. Đặc điểm thạch học theo các miền hệ thống (LST, TST, HST) của phức tập S<sub>q4</sub> (khu vực Suối Tiên, Bình Thuận).

khô nóng nên quá trình trên được tăng cường mạnh mẽ Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.nH<sub>2</sub>O (limonit) sẽ bị mất nước biến thành Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (hematit) có màu đỏ rượu vang (hình 12).

- **Miền hệ thống trầm tích biển tiến (TST, S<sub>q5</sub>-Q<sub>2</sub>):** Phức hệ tương cát trắng đê cát ven bờ (mTST, S<sub>q5</sub>-Q<sub>2</sub>)

Tương tự như cát trắng ở ven biển Bắc Trung Bộ, cát trắng Holocen giữa ven biển Ninh Thuận và Bình Thuận cũng có tuổi 6-5ka BP, được thành tạo trong pha biển tiến cực đại Flandrian.

- Miền hệ thống trầm tích biển cao (HST, S<sub>q5</sub>-Q<sub>1</sub><sup>3b</sup>-Q<sub>2</sub>): Phức hệ tương cát vàng biển-gió (mvHST, S<sub>q5</sub>-Q<sub>2</sub>)

Đọc ven biển từ Ninh Thuận đến Bình Thuận có thể thấy vô số các đụn cát màu vàng nhạt có hình thái thay đổi từng ngày. Chúng do gió tạo ra và liên tục bị biến động từ Holocen muộn đến nay. Các cồn cát này có tuổi tương ứng với các trầm tích cát ở đồng bằng châu thổ Bắc Bộ và Nam Bộ, thuộc miền hệ thống trầm tích biển cao.



### 3. Phân chia địa tầng các thành tạo cát ven biển Nam Trung Bộ trên cơ sở địa tầng phân tập

Phân chia địa tầng trầm tích Đệ Tứ các đồng bằng ven biển Việt Nam là bài toán nan giải, cho đến nay vẫn chưa có đáp số. Lý do rất đơn giản là trầm tích Đệ Tứ không có hóa thạch định tầng, việc phân định các phân vị địa tầng của các tác giả phương án đo vẽ bản đồ địa chất Đệ Tứ tỷ lệ 1/50.000 đã bị lệ thuộc vào khung địa tầng của Hoàng Ngọc Kỳ (1975) phân chia thành 5 hệ tầng ở đồng bằng Sông Hồng chủ yếu dựa vào trực giác về thành phần thạch học, đặc biệt dựa vào 2 tầng đánh dấu là “sét loang lổ” và “sét xám xanh”. Ở khu vực Nam Trung Bộ, “hệ tầng Phan Thiết” có tuổi  $Q_1^{2pt}$  (Lê Đức An) và  $Q_1^{2-3pt}$  (Hoàng Phương và nnk) phân chia cũng không có đủ cơ sở khoa học.

Kết quả phân chia 5 phức tập đối với các thành tạo cát ven biển Nam Trung Bộ của công trình này là hoàn toàn tương đồng với 5 phức tập của trầm tích Đệ Tứ đồng bằng Sông Hồng của Trần Nghi (2018). Bởi lẽ cả 2 khung địa tầng phân tập này đều được xây dựng trên cơ sở mối quan hệ giữa các phức hệ tương trầm tích và sự thay đổi mực nước biển toàn cầu do ảnh hưởng của 5 chu kỳ băng hà/gian băng. Các chu kỳ trầm tích cát được chuẩn hóa về tuổi địa tầng nhờ một khối lượng lớn giá trị phân tích tuổi tuyệt đối trên tất cả các mặt cát trầm tích cát tiêu biểu ở Ninh Thuận-Bình Thuận bằng phương pháp nhiệt huỳnh quang thạch anh (TL) tại phòng thí nghiệm nhiệt huỳnh quang của Trường đại học Tổng hợp Wollongong (Australia) (đề tài hợp tác Quốc tế giữa Trường ĐHKHTN-ĐHQGHN và Trường ĐHTH Wollongong do Trần Nghi chủ trì, 1997-2001).

### 4. Kết luận và trao đổi

1. Nghiên cứu địa tầng phân tập trầm tích cát Đệ Tứ Nam Trung Bộ đề cập trong nội dung bài báo là dựa trên quan điểm và mô hình của Trần Nghi (2012, 2018). Trong đó quan trọng nhất là lấy mối quan hệ giữa chu kỳ các phức hệ tương trầm tích và chu kỳ thay đổi mực nước biển toàn

cầu làm cơ sở khoa học cho phân chia ranh giới các phức tập và các miền hệ thống.

2. Ranh giới các phức tập là lấy ranh giới giữa miền hệ thống biển thấp và miền hệ thống biển cao (LST/HST)

3. Mỗi một phức tập (sequence) có 3 miền hệ thống (từ dưới lên): miền hệ thống trầm tích biển thấp (LST), miền hệ thống trầm tích biển tiến (TST) và miền hệ thống trầm tích biển cao (HST).

4. Tích hợp 3 miền hệ thống với 3 phức hệ tương sẽ có 5 công thức tổng quát cho 5 phức tập:

$$Sq_1(Q_1^1) = ar/mvLST + mTST + mvHST$$

$$Sq_2(Q_1^{2a}) = ar/mvLST + mTST + mvHST$$

$$Sq_3(Q_1^{2b}) = mvLST + mTST + mvHST$$

$$Sq_4(Q_1^{3a}) = mvLST + mTST + mvHST$$

$$Sq_5(Q_1^{3b}-Q_2) = mvLST + mTST + mvHST$$

5. Đối với phức tập thứ nhất và thứ hai miền hệ thống trầm tích biển thấp được đặc trưng bởi phức hệ tương aluvi miền núi, trung du và đồng bằng. Từ phức tập thứ 3 trở đi phức hệ tương cát đỏ phát triển từ miền hệ thống biển cao liên tục lên miền hệ thống biển thấp (mvLST/mvHST)

6. Phức hệ tương cát trắng vàng loang lổ của đê cát ven bờ thể hiện quá trình phong hóa thâm động dang dở do nước ngầm hoạt động có chu kỳ.

### Lời cảm ơn

Để hoàn thành công trình này tác giả đã nhận được sự giúp đỡ và quan tâm của Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên-ĐHQGHN, Bộ môn Trầm tích và Địa chất biển, Viện Nghiên cứu Địa môi trường và Thích ứng biến đổi khí hậu. Nhân dịp này tác giả xin được bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc nhất đến các cơ quan nói trên về sự giúp đỡ quý báu đó.

### Tài liệu tham khảo

- [1] Nguyễn Đức Tâm, Đỗ Tuyết, Thuyết minh bản đồ địa chất Đệ Tứ Việt Nam tỷ lệ 1/500000, Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản Việt Nam, 1994.

- [2] Ngô Quang Toàn (Chủ biên), Vô phong hóa và trầm tích Đệ tứ Việt Nam, Cục Địa chất và Khoáng sản Việt Nam, Hà Nội, 2001.
- [3] Nguyễn Văn Cường (chủ biên), Báo cáo thuyết minh đo vẽ địa chất và tìm kiếm khoáng sản nhóm từ Hàm Tân-Côn Đảo tỷ lệ 1/50.000, Tổng cục Địa chất và Khoáng sản Việt Nam, 2001.
- [4] Hoàng Phương (chủ biên), Báo cáo kết quả đo vẽ bản đồ địa chất và tìm kiếm khoáng sản nhóm từ Phan Thiết tỷ lệ 1/50.000, Tổng cục Địa chất và Khoáng sản Việt Nam, 1997.
- [5] Lê Đức An, Đinh Ngọc Lưu, Những phát hiện mới về tectit và ý nghĩa của chúng trong việc nghiên cứu địa chất-địa mạo lãnh thổ phía nam Việt Nam, Tập san Bản đồ địa chất 36 (1978) 37- 40.
- [6] V.Mu. Colin, G.J. Brian, T. Nghi, M.P. David, V.V. Vinh, T.N. Tinh, C.N. Gerald, Thermoluminescence ages for a reworked coastal barrier, southeastern Vietnam: preliminary report, Journal of Asian Earth Sciences 20 (2002) 535-548.
- [7] Trần Nghi, Nguyễn Địch Dĩ, Đinh Văn Thuận, Vũ Văn Vĩnh, Ma Công Cọ, Trịnh Nguyên Tính, Môi trường và cơ chế thành tạo cát đỏ Phan Thiết, Tạp Chí Địa chất A/245 (1998) 10-12.
- [8] Trần Nghi, Địa chất trầm tích Việt Nam, NXB Đại học Quốc gia Hà Nội, Hà Nội, 2018.
- [9] Trần Nghi, Tiến hóa các thành tạo cát ven biển Miền Trung trong mối tương tác với sự thay đổi mực nước biển trong Đệ Tứ, Tuyển tập các công trình nghiên cứu Địa chất và Địa vật lí biển 2 (1996) 130-138.