

ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN

Trần Ngọc Diễn

NGHIÊN CỨU TƯỢNG ĐÁ - CỔ ĐỊA LÝ VÀ ĐỊA TẦNG
PHÂN TẬP TRẦM TÍCH PLEISTOCEN MUỘN - HOLOCEN
ĐỐI BỜ CHÂU THỎ SÔNG HỒNG

LUẬN ÁN TIẾN SĨ ĐỊA CHẤT HỌC

HÀ NỘI - 2024

ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN

Trần Ngọc Diễn

NGHIÊN CỨU TƯỢNG ĐÁ - CỔ ĐỊA LÝ VÀ ĐỊA TẦNG
PHÂN TẬP TRẦM TÍCH PLEISTOCEN MUỘN - HOLOCEN
ĐỚI BỜ CHÂU THỎ SÔNG HỒNG

Chuyên ngành: Địa chất học

Mã số: 9440201.01

LUẬN ÁN TIẾN SĨ ĐỊA CHẤT HỌC

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC:

- PGS.TS Đinh Xuân Thành
- PGS.TS Nguyễn Tài Tuệ

HÀ NỘI - 2024

LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan đây là công trình nghiên cứu của riêng tôi. Các số liệu, kết quả nêu trong luận án là trung thực và chưa từng được ai công bố trong bất cứ công trình nào khác.

Tác giả luận án

Trần Ngọc Diễn

LỜI CẢM ƠN

Luận án được hoàn thành dưới sự hướng dẫn và giúp đỡ tận tình của các thầy: PGS.TS. Đinh Xuân Thành, PGS.TS. Nguyễn Tài Tuệ. NCS xin bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc tới hai thầy hướng dẫn. Trong quá trình thực hiện luận án, NCS nhận được những ý kiến đóng góp quý báu, sự quan tâm giúp đỡ của các thầy cô và các nhà khoa học: GS.TS.NGND. Trần Nghi, PGS.TS. Doãn Đình Lâm, TS. Vũ Văn Hà, TS. Nguyễn Minh Quảng, TS. Nguyễn Thị Thu Cúc,... NCS luôn nhận được sự quan tâm, giúp đỡ của lãnh đạo và cán bộ các cơ quan: Bộ môn Trầm tích và Địa chất biển, Khoa Địa chất; Phòng Đào tạo; Phòng Chính trị và Công tác sinh viên và Ban giám hiệu Trường Đại học Khoa học Tự nhiên - Đại học Quốc gia Hà Nội; Liên đoàn Bản đồ địa chất miền Bắc; Liên đoàn Địa chất và Khoáng sản biển - Cục Địa chất Việt Nam. NCS xin bày tỏ lòng cảm ơn chân thành đối với sự giúp đỡ tận tình của các thầy, cô, các nhà khoa học và lãnh đạo các cơ quan nêu trên.

NCS. Trần Ngọc Diễn

MỤC LỤC

MỞ ĐẦU	1
Chương 1 TỔNG QUAN ĐỐI BỜ CHÂU THỔ SÔNG HỒNG	5
1.1. Khái niệm đới bờ	5
1.1.1. Đồng bằng châu thổ.....	5
1.1.2. Châu thổ ngầm	6
1.2. Tổng quan nghiên cứu	6
1.2.1. Tình hình nghiên cứu trên thế giới	6
1.2.2. Tình hình nghiên cứu trong nước	9
1.3. Đặc điểm khí hậu, thủy văn, hải văn	18
1.3.1. Khí hậu	18
1.3.2. Thủy văn.....	19
1.3.3. Hải văn	20
1.4. Đặc điểm địa chất	22
1.4.1. Địa tầng.....	22
1.4.2. Đặc điểm cấu trúc - kiến tạo	30
Chương 2 CƠ SỞ TÀI LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU.....	35
2.1. Cơ sở tài liệu	35
2.2. Phương pháp nghiên cứu.....	38
2.2.1. Các phương pháp tiếp cận	38
2.2.2. Các phương pháp nghiên cứu.....	38
Chương 3 ĐẶC ĐIỂM TƯỚNG ĐÁ - CỔ ĐỊA LÝ GIAI ĐOẠN PLEISTOCEN MUỘN - HOLOCEN ĐỐI BỜ CHÂU THỔ SÔNG HỒNG.....	53
3.1. Đặc điểm tướng trầm tích Pleistocen trên, phần trên - Holocen đới bờ châu thổ Sông Hồng	53
3.1.1. Nhóm tướng trầm tích thuộc miền hệ thống trầm tích biển thấp (ar LSTQ ₁ ^{3b})	54
3.1.2. Nhóm tướng trầm tích thuộc miền hệ thống trầm tích biển tiến (Q ₁ ^{3b} -Q ₂ TST)....	55
3.1.3. Nhóm tướng trầm tích thuộc miền hệ thống trầm tích biển cao (Q ₂ ²⁻³ HST)	63
3.2. Cổ địa lý đới bờ châu thổ Sông Hồng trong Pleistocen muộn - Holocen	79
3.2.1. Giai đoạn Pleistocen muộn, phần muộn (Q ₁ ^{3b}).....	79

3.2.2. Giai đoạn Holocen sớm - giữa (Q_2^{1-2})	80
3.2.3. Giai đoạn Holocen giữa - muộn (Q_2^{2-3}).....	82
Chương 4 ĐỊA TẦNG PHÂN TẬP VÀ LỊCH SỬ PHÁT TRIỂN TRẦM TÍCH PLEISTOCEN TRÊN - HOLOCEN ĐỐI BỜ CHÂU THỎ SÔNG HỒNG	84
4.1. Dao động mực nước biển trong Pleistocen muộn - Holocen đối bờ châu thổ Sông Hồng	84
4.2. Lựa chọn mô hình địa tầng phân tập	88
4.3. Đặc điểm địa chấn địa tầng trầm tích giai đoạn Pleistocen muộn, phần muộn - Holocen đối bờ châu thổ Sông Hồng.....	88
4.3.1. Các ranh giới địa chấn địa tầng.....	88
4.3.2. Đặc điểm trường sóng địa chấn trong Pleistocen muộn - Holocen.....	90
4.4. Địa tầng phân tập trầm tích giai đoạn Pleistocen muộn, phần muộn - Holocen đối bờ châu thổ Sông Hồng	92
4.4.1. Miền hệ thống trầm tích biển thấp	92
4.4.2. Miền hệ thống trầm tích biển tiến.....	93
4.4.3. Miền hệ thống trầm tích biển cao.....	94
4.5. Tiến hóa trầm tích giai đoạn Pleistocen muộn - Holocen đối bờ châu thổ Sông Hồng	95
4.5.1. Giai đoạn biển thoái (khoảng 30.000 đến 18.000 năm BP)	95
4.5.2. Giai đoạn biển tiến (18.000 đến 5.000 năm BP)	97
4.5.3. Giai đoạn biển thoái (5.000 năm BP đến nay)	98
4.6. Biến động bãi bồi ven biển châu thổ Sông Hồng.....	100
4.6.1. Quá trình hình thành và phát triển các bãi bồi.....	100
4.6.2. Biến động các bãi bồi trong giai đoạn Holocen hiện đại	103
KẾT LUẬN	108
DANH MỤC CÔNG TRÌNH CÔNG BỐ	110
TÀI LIỆU THAM KHẢO	111

DANH MỤC CÁC CHỮ VIẾT TẮT

Chữ viết tắt	Chữ viết đầy đủ
CC:	Chỉnh hợp tương đương (<i>Correlative conformity</i>)
FR:	Biến thoái cưỡng bức (<i>Forced regression</i>)
FS:	Bề mặt ngập lụt (<i>Flooding surface</i>)
FSST:	Miền hệ thống trầm tích biển hạ (<i>Falling stage systems tract</i>)
HNR:	Biến thoái cao (<i>Highstand normal regression</i>)
HST:	Miền hệ thống trầm tích biển cao (<i>Highstand systems tract</i>)
LES:	Bề mặt bào mòn biển thấp (<i>Lowstand erosion surface</i>)
LNR:	Biến thoái thấp (<i>Lowstand normal regression</i>)
LST:	Miền hệ thống trầm tích biển thấp (<i>Lowstand systems tract</i>)
MFS:	Bề mặt ngập lụt cực đại (<i>Maximum flooding surface</i>)
ar:	Phức hệ tướng aluvi biển thấp
at:	Phức hệ tướng aluvi biển tiến
amh	Phức hệ tướng châu thổ biển cao
amr	Phức hệ tướng châu thổ biển thấp
amt:	Phức hệ tướng sông - biển biển tiến
mt:	Phức hệ tướng biển nông - vũng vịnh biển tiến
N ⁺ :	Nicon vuông góc
RS:	Bề mặt bào mòn biển tiến (<i>Ravinement surface</i>)
S:	Tập (<i>Sequence</i>)
SB:	Ranh giới tập (<i>Sequence boundary</i>)
TS:	Bề mặt biển tiến (<i>Transgressive surface</i>)
TST:	Miền hệ thống trầm tích biển tiến (<i>Transgressive systems tract</i>)
US:	Bất chỉnh hợp (<i>Unconformity surface</i>)
W:	Băng hà Wurm
x20:	Phóng đại 20 lần

DANH MỤC CÁC HÌNH

Hình 1. Sơ đồ vị trí khu vực nghiên cứu	4
Hình 1. 1. Sơ đồ các mô hình địa tầng phân tập	17
Hình 1. 2. Các miền hệ thống và vị trí ranh giới tập theo các mô hình địa tầng phân tập khác nhau.....	17
Hình 1. 3. Sơ đồ địa chất đới bờ châu thổ Sông Hồng.....	24
Hình 1. 4. Sơ đồ kiến tạo hiện đại cấu trúc trũng Sông Hồng	34
Hình 2. 1. Cơ sở tài liệu thực hiện luận án.....	37
Hình 2. 2. Các dạng phản xạ và tương trầm tích liên quan.....	43
Hình 2. 3. Mô hình địa tầng phân tập của Trần Nghi (2018).....	45
Hình 3. 1. Mặt cắt địa chấn nông phân giải cao tuyến NĐ-PX73.....	55
Hình 3. 2. Cột địa tầng tương trầm tích lỗ khoan GAT.1.....	59
Hình 3. 3. Mặt cắt địa chấn nông phân giải cao tuyến NĐ-PX86 khu vực cửa Đáy, thấy rõ 3 miền hệ thống (LST, TST, HST)	60
Hình 3. 4. Sơ đồ tương trầm tích đới bờ châu thổ Sông Hồng	69
Hình 3. 5. Cồn cát chắn cửa không khu vực cửa Đáy.....	71
Hình 3. 6. Các mặt cắt điển hình trầm tích bãi triều Kim Sơn)	76
Hình 3. 7. Cột địa tầng tương trầm tích lỗ khoan NĐ19.03.....	78
Hình 3. 8. Sơ đồ tương đá - cổ địa lý giai đoạn Pleistocen muộn, phần muộn khu vực đới bờ châu thổ Sông Hồng.....	80
Hình 3. 9. Sơ đồ tương đá - cổ địa lý giai đoạn Holocen sớm khu vực đới bờ châu thổ Sông Hồng.....	82
Hình 3. 10. Sơ đồ tương đá - cổ địa lý giai đoạn Holocen giữa - muộn khu vực đới bờ châu thổ Sông Hồng.....	83
Hình 4. 1. Sơ đồ đẳng sâu bề mặt trầm tích Pleistocen trên hệ tầng Vĩnh Phúc đới bờ châu thổ Sông Hồng	85
Hình 4. 2. Sơ đồ vị trí thung lũng cắt xẻ Đệ tứ muộn châu thổ Sông Hồng	86

Hình 4. 3. Đường cong dao động mực nước biển trong Holocen khu vực đồng bằng châu thổ Sông Hồng	87
Hình 4. 4. Mô hình Địa tầng phân tập của Trần Nghi, 2018.....	88
Hình 4. 5. Mặt cắt địa chấn nông phân giải cao tuyến T12-CH1, thấy rõ 3 miền hệ thống (LST,TST,HST)	90
Hình 4. 6. Mặt cắt địa chấn nông phân giải cao tuyến NĐ-PX81.....	91
Hình 4. 7. Mặt cắt địa chấn nông phân giải cao tuyến NĐ-PX74.....	92
Hình 4. 8. Mặt cắt địa chấn nông phân giải cao tuyến NĐ-PX80.....	95
Hình 4. 9. Sơ đồ liên kết tương trầm tích đới bờ châu thổ Sông Hồng (tuyến E-F)..	96
Hình 4. 10. Sơ đồ liên kết tương trầm tích đới bờ châu thổ Sông Hồng (tuyến A-B)..	98
Hình 4. 11. Sơ đồ liên kết tương trầm tích đới bờ châu thổ Sông Hồng (tuyến C-D)..	100
Hình 4. 12. Sơ đồ tiến hóa các thùy châu thổ đồng bằng Sông Hồng	101
Hình 4. 13. Mặt cắt địa chất Holocen bãi bồi ven biển Giao Thủy - Hải Hậu.....	103

DANH MỤC CÁC ẢNH

Ảnh 3. 1. Tường cát sạn, cát lòng sông TST tại lỗ khoan GAT.1, độ sâu 69m.....	56
Ảnh 3. 2. Mẫu lát mỏng thạch học lỗ khoan GAT.1.....	57
Ảnh 3. 3. Tường cát bột bãi bồi TST tại lỗ khoan GAT.1	58
Ảnh 3. 4. Trầm tích chứa vụn vỏ sinh vật ($amtQ_1^{3b}-Q_2^{1-2}$), lỗ khoan GAT.1, độ sâu 49,6-52,4m	61
Ảnh 3. 5. Tường cát, bột cát estuary ($mtQ_1^{3b}-Q_2^{1-2}$), lỗ khoan GAT.1, độ sâu 38-49,6m..	62
Ảnh 3. 6. Sét bột màu nâu phân lớp dày (A); Cát phân lớp song song xen kẽ bột sét phân lớp mỏng (B); Sét xám xanh phân lớp dày (C)	63
Ảnh 3. 7. Mẫu lõi khoan NĐ19.03/5,0 - 5,19m	64
Ảnh 3. 8. Cát mịn phân lớp song song gọn sóng (A); Bột sét phân lớp dày (B); Bột sét xen kẽ cát mịn phân lớp mỏng song song, xiên chéo, gọn sóng (C)	65
Ảnh 3. 9. Cát bột phân lớp song song, xiên chéo (A); Cát mịn phân lớp song song (B)..	66
Ảnh 3. 10. Cát mịn, bột sét phân lớp song song chứa mùn thực vật	67
Ảnh 3. 11. Cát thạch anh hạt nhỏ chứa vụn vỏ sinh vật. Độ mài tròn và chọn lọc trung bình ($Rotb=0.5$; $So=1.9$); ($N+$, $\times 40$)	70
Ảnh 3. 12. Cát thạch anh hạt nhỏ. Chọn lọc và mài tròn tốt ($So=1.4$; $Rotb=0.6$); ($N+$, $\times 40$)..	71
Ảnh 3. 13. Trầm tích bãi triều bùn, tại lỗ khoan LK.III-2 (độ sâu 30-50cm)	73
Ảnh 3. 14. Trầm tích bãi triều hỗn hợp tại lỗ khoan LK.III-9 (tại độ sâu 230-250cm)..	74
Ảnh 3. 15. Cát thạch anh pha bột sét. Thạch anh chủ yếu là đơn tinh thể. Độ chọn lọc kém ($So=2.4$); độ mài tròn tốt ($Rotb=0.6$); ($N+$, $\times 40$)	74
Ảnh 3. 16. Trầm tích bãi triều cát tại lỗ khoan LK.IV-9 (độ sâu 220-240cm)	75
Ảnh 3. 17. Mẫu lõi khoan NĐ19.03/2,0 - 2,1m.....	77
Ảnh 3. 18. Bột sét phân lớp dày.....	77
Ảnh 3. 19. Mẫu trầm tích tầng mặt lấy bằng cuốc đại dương tại vùng sườn châu thổ..	77

DANH MỤC CÁC BẢNG

Bảng 2. 1. Kết quả phân tích tuổi ^{14}C	35
Bảng 3. 1. Quan hệ tương trầm tích với địa tầng phân tập đới bờ châu thổ Sông Hồng..	53

MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của luận án

Trong những năm gần đây, vùng đới bờ đồng bằng châu thổ Sông Hồng đang đứng trước tai biến thiên nhiên như xói lở bờ biển, cửa sông, ngập lụt và xâm nhập mặn. Nghiên cứu đặc điểm tướng đá - cổ địa lý và địa tầng phân tập trầm tích giai đoạn Pleistocen muộn - Holocen đới bờ châu thổ Sông Hồng nhằm thiết lập lại lịch sử phát triển địa chất giai đoạn Pleistocen muộn - Holocen khu vực đồng bằng ven biển cũng như phân biệt nông ven bờ, liên kết địa tầng giữa lục địa và biển, góp phần dự báo xu thế biến đổi của châu thổ trong tương lai là nhiệm vụ cấp thiết cần thực hiện.

Các thành tạo trầm tích giai đoạn Pleistocen muộn - Holocen đới bờ châu thổ Sông Hồng đã được nghiên cứu khá nhiều. Trong khu vực đồng bằng, bằng các phương pháp phân tích trầm tích, cổ sinh, tuổi tuyệt đối,... Doãn Đình Lâm và nnk (2000, 2012) đã phác họa lịch sử phát triển địa chất đồng bằng châu thổ Sông Hồng trong Holocen qua phân tích các lỗ khoan, các mặt cắt địa chất, tổng hợp các kết quả phân tích tuổi C^{14} ,...

Tại vùng ngập nước (0-30m nước), báo cáo tổng hợp “Điều tra địa chất và tìm kiếm khoáng sản rạn biển nông ven bờ Việt Nam (0-30m nước), tỷ lệ 1:500.000” của Nguyễn Biểu và nnk (2011) là công trình đầu tiên thực hiện điều tra cơ bản vùng biển ven bờ Việt Nam. Trong công trình này, trầm tích Pleistocen trên đã được chia thành 2 phân vị, các thành tạo Holocen đã được chia thành 3 phân vị. Đặc điểm trầm tích Pleistocen trên - Holocen và quy luật phân bố trong vùng biển nông đã được đề cập. Đồng thời, Đề án đã thực hiện hàng loạt các tuyến địa chấn nông phân giải cao vùng biển nông Việt Nam. Tuy nhiên các tuyến địa chấn này chỉ mới tiến hành trong phạm vi từ 15m nước trở ra, còn trong phạm vi từ 15m nước trở vào bờ chưa được thực hiện. Trong giai đoạn 2016-2020, Tổng cục địa chất và khoáng sản Việt Nam đã thi công Dự án “Điều tra, đánh giá đặc điểm cấu trúc địa chất, địa chất công trình, đề xuất các giải pháp khai thác sử dụng lãnh thổ phục vụ xây dựng và phát triển hạ tầng dải ven biển Việt Nam”, do NCS làm chủ nhiệm đã khảo sát địa chất - địa chất công trình khu vực biển nông ven bờ từ 20m nước vào bờ. Với mạng lưới khảo sát địa vật

lý và địa chất chi tiết, áp dụng nhiều phương pháp nghiên cứu hiện đại đã làm sáng tỏ được nhiều thông tin về địa chất Đệ tứ vùng nghiên cứu. Đề tài KC.09/16-20 do GS.TS Trần Nghi làm chủ biên đã thu thập, phân tích và tổng hợp một số lượng lớn tài liệu, số liệu liên quan đến vùng cửa sông ven biển và đã nghiên cứu đặc điểm địa chất, địa mạo,... đã xác định ranh giới Pleistocen và Holocen. Tuy nhiên, chưa phân tích đối sánh các tài liệu lỗ khoan vùng châu thổ ngầm với tài liệu địa chấn nông phân giải cao, cũng như đối sánh với tài liệu lỗ khoan phần ven biển một cách chi tiết để làm rõ hơn đặc điểm tướng đá - cổ địa lý và địa tầng phân tập giai đoạn Pleistocen muộn - Holocen một cách thống nhất trong toàn đới bờ.

2. Mục tiêu của luận án

Làm sáng tỏ đặc điểm thành phần vật chất, môi trường thành tạo của các trầm tích Pleistocen trên - Holocen đới bờ châu thổ Sông Hồng, từ đó rút ra quy luật tiến hóa trầm tích trong mối quan hệ với sự thay đổi mực nước biển.

3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu là các trầm tích Pleistocen trên - Holocen của đới bờ châu thổ Sông Hồng. Phạm vi nghiên cứu từ bờ đến độ sâu 30m nước và phần ven bờ trong đất liền khoảng 50km (Hình 1).

4. Nội dung nghiên cứu

- Nghiên cứu thành phần vật chất, tướng trầm tích giai đoạn Pleistocen muộn - Holocen (Q_1^{3b} - Q_2) đới bờ châu thổ Sông Hồng (thành phần độ hạt, thạch học, khoáng vật và hóa học).

- Nghiên cứu đặc điểm tướng đá - cổ địa lý trầm tích đới bờ châu thổ Sông Hồng, trong giai đoạn Pleistocen muộn - Holocen.

- Nghiên cứu địa tầng phân tập và tiến hóa trầm tích Pleistocen trên - Holocen, đới bờ châu thổ Sông Hồng trong mối quan hệ với sự thay đổi mực nước biển.

5. Luận điểm bảo vệ

- + Luận điểm 1: Trong phạm vi đới bờ châu thổ Sông Hồng, trầm tích Pleistocen trên - Holocen có mặt 22 tướng trầm tích đặc trưng cho ba miền hệ thống trầm tích: 1) Miền hệ thống trầm tích biển thấp (LST) gồm 4 tướng trầm tích; 2) Miền

hệ thống trầm tích biển tiến (TST) gồm 6 tướng trầm tích; 3) Miền hệ thống trầm tích biển cao (HST) gồm 12 tướng trầm tích.

+ Luận điểm 2: Trầm tích Pleistocen trên - Holocen là một chu kỳ trầm tích liên quan đến chu kỳ thay đổi mực nước biển toàn cầu do ảnh hưởng của chu kỳ băng hà cuối cùng, gồm ba giai đoạn: 1) Biển thoái Pleistocen muộn, phần muộn; 2) Biển tiến Flandrian và 3) Biển thoái sau biển tiến Flandrian.

6. Những điểm mới của luận án

- Xác lập mới 04 tướng trầm tích trong phạm vi vùng châu thổ ngàm và liên kết với các tướng trầm tích trên đồng bằng châu thổ theo không gian và thời gian, được minh chứng bằng cột địa tầng lỗ khoan, băng địa chấn nông phân giải cao, các phân tích chi tiết về thành phần thạch học, môi trường trầm tích và tuổi tuyệt đối ^{14}C .

- Xác lập các thành tạo aluvi lấp đầy lòng sông cổ giai đoạn Pleistocen muộn - Holocen sớm ở độ sâu đến 70m. Qua đó, xác lập các tướng trầm tích aluvi biển tiến và hướng dòng chính của Sông Hồng cổ thời kỳ Pleistocen muộn chảy qua khu vực cửa Ba Lạt (hiện tại).

- Chu kỳ trầm tích cuối cùng của Đệ tứ ở đới bờ châu thổ Sông Hồng có tuổi Pleistocen muộn - Holocen ($Q_1^{3b} - Q_2$) tương ứng với 03 giai đoạn: 1) Biển thoái Pleistocen muộn, phần muộn (Q_1^{3b}); 2) Biển tiến Pleistocen muộn - Holocen sớm - giữa ($Q_1^{3b} - Q_2^{1-2}$) và 3) Biển thoái Holocen giữa - muộn ($Q_2^{2-3} - \text{nay}$).

7. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của luận án

- *Ý nghĩa khoa học:*

+ Luận án góp phần làm sáng tỏ đặc điểm thành phần vật chất, quy luật phân bố tướng trầm tích Pleistocen trên - Holocen đới bờ châu thổ Sông Hồng.

+ Luận án đã làm rõ hơn lịch sử tiến hóa trầm tích Pleistocen trên - Holocen đới bờ châu thổ Sông Hồng trong mối quan hệ với sự thay đổi mực nước biển.

- *Ý nghĩa thực tiễn:*

Kết quả nghiên cứu của luận án là cơ sở để nhận định xu thế phát triển của đới bờ trong tương lai, góp phần vào công tác quy hoạch, phát triển kinh tế - xã hội nhằm phát triển bền vững dải ven biển đồng bằng châu thổ Sông Hồng.

8. Bố cục của luận án

Mở đầu

Chương 1: Tổng quan đới bờ châu thổ Sông Hồng

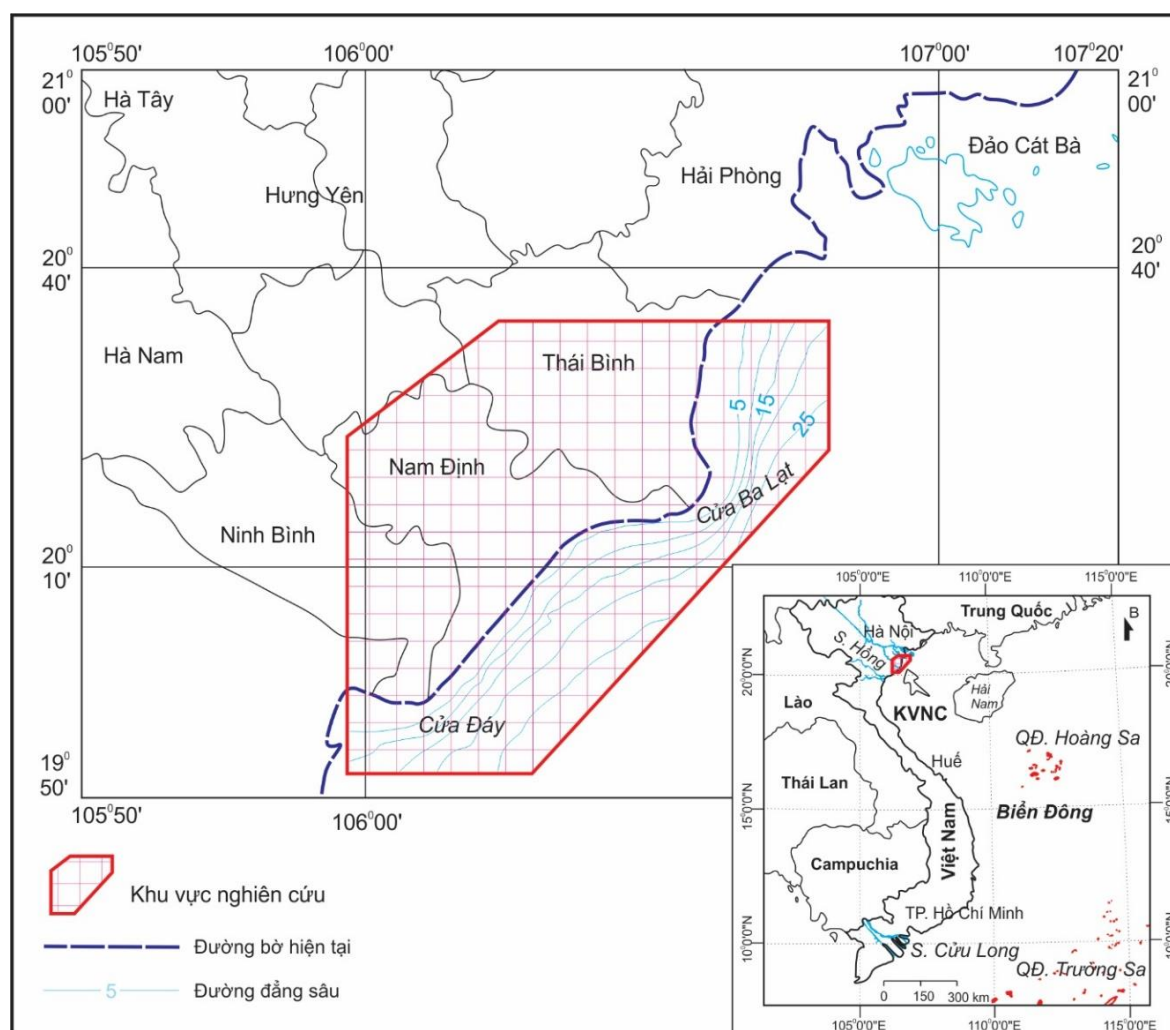
Chương 2: Cơ sở tài liệu và phương pháp nghiên cứu

Chương 3: Đặc điểm tương đá - cổ địa lý giai đoạn Pleistocen muộn - Holocen đới bờ châu thổ Sông Hồng

Chương 4: Địa tầng phân tập và tiến hóa trầm tích Pleistocen trên - Holocen đới bờ châu thổ Sông Hồng

Kết luận.

Tài liệu tham khảo.



Hình 1. Sơ đồ vị trí khu vực nghiên cứu

Chương 1

TỔNG QUAN ĐỐI BỜ CHÂU THỎ SÔNG HỒNG

1.1. Khái niệm đối bờ

Theo Allen, Galoway, Wright (1975) đối bờ được xác định phạm vi là từ đồng bằng châu thổ ra đến khu vực tiền châu thổ và kết thúc đến hết sườn châu thổ khoảng 25m nước phía ngoài khơi. Luận án sử dụng cách định nghĩa này, tuy nhiên có chỉnh sửa theo Trần Nghi (2014) với khái niệm tiền châu thổ bắt đầu từ mực triều cao nhất thay vì mực triều bắt đầu từ mực nước 0m trung bình. Đối bờ châu thổ Sông Hồng gồm 2 đơn vị cơ bản: đồng bằng châu thổ và châu thổ ngầm.

1.1.1. Đồng bằng châu thổ

Đồng bằng châu thổ được hiểu là nơi vật liệu do sông mang ra lấp đầy vùng cửa thung lũng bị ngập chìm do biển, tạo thành địa hình đồng bằng tích tụ thường có dạng hình tam giác, nên còn được gọi là tam giác châu. Đồng bằng châu thổ thường còn được bao quanh về phía lục địa bên trong bởi các đồng bằng bóc mòn, tích tụ-xâm thực, được gọi là đồng bằng aluvi cổ. Đồng bằng châu thổ Sông Hồng là một trong các đồng bằng châu thổ lớn của thế giới.

Đồng bằng châu thổ Sông Hồng có hình tam giác với đỉnh là Việt Trì và cạnh đáy từ vùng cửa Bạch Đằng đến Kim Sơn dài khoảng 145km, trong khi chiều cao từ Việt Trì đến cửa Ba Lạt dài 160km, với 70% diện tích có độ cao <2m.

Đặc điểm cơ bản của địa hình đồng bằng là bằng phẳng và nằm ngang với độ dốc không đáng kể (5cm/km); Nó chỉ bị phá vỡ bởi các doi cát dải ven biển và rải rác một số đồi sót ở ven rìa.

Các dạng địa hình cơ bản nhất của đồng bằng là các bề mặt bãi bồi, các ô trũng, các đầm hồ móng ngựa - các đoạn sông bỏ, các đầm lầy, bãi triều, các đê thiên nhiên, các doi cát ven biển; Đặc biệt nổi bật là trên đồng bằng tồn tại một dạng địa hình nhân sinh vĩ đại, là kết quả lao động tới cả ngàn năm của dân cư đồng bằng là các hệ thống đê sông và đê biển, có chiều dài tổng cộng đến 2.700km (trong đó có trên 380km đê biển), cao đến 4,5m ở ven biển và 20m ở Việt Trì. Giữa hai bờ đê sông là các bãi bồi

hiện đại, cao và thấp, thường bị biến động mạnh theo thời gian, cùng các dòng chảy chính và phụ. Các đê thiên nhiên thường khuôn theo khúc uốn của các đoạn sông cổ, trong khi đó các doi cát chính là các đường bờ biển cổ và ngày nay đã phân bố sâu trong lục địa, phản ánh rõ ràng quá trình phát triển tuần tự của châu thổ về phía biển trong giai đoạn từ khoảng 2.500 – 3.000 năm đến nay.

1.1.2. Châu thổ ngầm

Đáy biển nông ven bờ Việt Nam thường được chia thành nhiều kiểu địa hình khác nhau, phân biệt bởi tác động khác nhau của sông, của thủy triều, của sóng và của dòng chảy (chia theo nguồn gốc). Đồng bằng châu thổ ngầm Sông Hồng thuộc đồng bằng tích tụ dạng trũng, thể hiện một sự cân bằng đáng kể giữa chuyển động hạ lún và quá trình tích tụ lấp đầy. Địa hình vùng châu thổ ngầm được phân chia thành ba đới:

- + Tiền châu thổ (delta front): độ sâu 0-6m nước, kéo dài 10-12km về phía biển, có dạng thoải với đặc trưng tương đối bằng phẳng và dòng chảy sông khoét sâu thành các lòng dẫn cửa sông.

- + Chân châu thổ (prodelta): độ sâu từ 6-20m nước, rộng 8-10km với đặc trưng độ dốc lớn hơn, hẹp theo chiều từ lục địa ra biển.

- + Sườn châu thổ: trong giới hạn nghiên cứu từ độ sâu 30m nước, tương đối bằng phẳng, có sự xem kẽ giữa các gờ nâng và trũng sâu định hướng theo phương bắc - nam.

1.2. Tổng quan nghiên cứu

1.2.1. Tình hình nghiên cứu trên thế giới

Trầm tích Holocen và biến động vùng ven biển, đặc biệt là các vùng đồng bằng châu thổ đã được nhiều nhà nghiên cứu trên thế giới đề cập đến trong các công trình nghiên cứu khác nhau từ những năm đầu thế kỷ 20. Các công trình tiêu biểu và kinh điển có thể kể đến là các nghiên cứu ở châu thổ sông Mississippi (Barrell, 1912), (Johnstons, 1921, 1922), (Trowbridge, 1930), (Russell, 1936), (Fisk, 1944). Đó là những công trình đặt nền móng cho các công trình nghiên cứu tiếp theo của (Coleman và Gagliano, 1964), (Coleman và Wright, 1973, 1975), (Galloway, 1975), (Richard

A. Davis, Jr, 1985), (Reading H.G, 1986), (Elliott, T, 1986). Các công trình nghiên cứu phân chia châu thổ theo sự chi phối của ba động lực sông - sóng - triều được nhiều nhà khoa học trên thế giới quan tâm (Coleman và Wright, 1975; Galloway, 1975), (Bhattacharya và Giosan, 2003). Nghiên cứu cấu trúc châu thổ, đặc trưng tương và tiến hóa thành tạo trầm tích Holocen ở các châu thổ lớn như châu thổ sông Rhône, sông Niger, sông Mahakam, sông Hoàng Hà,...được đề cập đến trong các công trình của Fisk & Mc Farlan (1954)(Fisk et al., 1954), Fisk (1955, 1961) (Fisk, 1961, 1955), Oomkens (1974), Weber (1971), Elliott (1986) (Elliott, T, 1986), H.G. Reading (1986) (Reading H.G, 1986). Đây là những công trình kinh điển về quá trình tiến hóa vùng cửa sông ven biển châu thổ trong Holocen.

Elliott (1986), đã phân tích quá trình dịch chuyển các thùy châu thổ liên quan đến quá trình phát triển của sông ven biển châu thổ sông Mississippi và dựa vào động lực sóng, thủy triều, dòng ven bờ phân chia vùng ven bờ thành các kiểu bờ khác nhau (Elliott, T, 1986).

David R.A & Ethington R.L (1976) trong công trình “Bờ và quá trình trầm tích ven bờ”, Elliott (1986) trong công trình “Đường bờ lục nguyên” đã phân tích chi tiết quá trình thành tạo và tiến hóa các đê cát, giong cát ven bờ (beach sand ridges) trong các đồng bằng cát ven bờ (chenier plain) (Elliott, T, 1986).

David R.A (1978) đã phân tích chi tiết điều kiện sinh thái và quá trình phát sinh, phát triển của vùng đầm lầy ven biển cửa sông, đây là một trong các công trình tiêu biểu về hệ thống đầm lầy cửa sông ven biển.

Trong những năm gần đây đã có nhiều công trình nghiên cứu vùng ven bờ trên cơ sở tài liệu khảo sát địa chấn nông phân giải cao, khoan hay lấy mẫu bằng ống phóng trọng lực nhằm xác định cấu trúc châu thổ, tốc độ lắng đọng trầm tích châu thổ ngầm. Một số công trình tiêu biểu nghiên cứu về châu thổ ngầm như: Châu thổ ngầm hệ thống sông Ganges - Brahmaputra của Kueh A. S và nnk (1997)(Kuehl et al., 1997); Châu thổ ngầm Gargano Holocen muộn, thềm lục địa Adriatic: thay đổi hướng và tốc độ cung cấp trầm tích của Antonio Cattaneo và nnk; Phát triển châu thổ ngầm sông Hoàng Hà trong Holocen của Lui J. P và nnk (2004); Công trình của Ciara F.

Neill và Mead A. Allison (2004-2005) về “Quá trình hình thành châu thổ ngậm trên thềm lục địa Atchafalaya, Louisiana”(Neill and Allison, 2005).

Dao động mực nước biển trong Holocen - một tác nhân quan trọng trong quá trình hình thành và phát triển trầm tích Holocen các vùng ven biển. Rất nhiều nghiên cứu đề cập đến thời gian biển tiến, cường độ (tốc độ) và sự dao động mực nước biển của đợt biển tiến này.

Về thời gian bắt đầu dâng của biển tiến có nhiều ý kiến khác nhau, Ericson (1964) cho là 18.000 – 11.000 năm BP (Ericson et al., 1964), Markov & Verlicko (1967) cho là 18.000 năm BP và Menard (1964) cho là 40.000 – 30.000 năm BP.

Về tốc độ dâng của mực nước biển, Menard cho rằng mức dao động trong thời kỳ tan và rút lui của băng cuối cùng ở châu Âu và châu Mỹ đã dâng lên với tốc độ 9m/1.000 năm. Về mực nước biển tiến, Menard (1964) cho rằng nó thấp hơn mực nước hiện đại -90m, Kuenen (1954) lại cho là từ -100 đến -120m.

Theo Donovan (1962), Stride (1963) sự dâng lên nhanh chóng của mực nước biển từ -120m bắt đầu từ 20.000 năm BP. Trong thời kỳ đầu, mực nước biển dâng lên với tốc độ 9mm/năm, sau đó tốc độ chậm lại chỉ còn 1mm/năm. Qua đó có thể thấy có rất nhiều ý kiến khác nhau về thời kỳ biển tiến sau băng hà này.

Fisk & Mc Farlan (1961) cho rằng biển tiến sau băng hà đã kết thúc và dừng lại vào 5.000 năm BP. Quan điểm này được Le Blane & Bernard (1954) chứng minh khi nhận thấy những thành tạo bờ cổ và trẻ có độ cao tương tự ở dải bờ biển Mexico trong 5.000 năm qua. Từ 10.000 - 9.000 năm BP mực nước biển tăng lên nhanh chóng lấn sâu vào đất liền, từ thời điểm 4.000 năm BP mực nước biển giảm dần (Heron et al., 1984).

Công trình “World Atlas Holocene Sea - level Change” của J. Pluet và P. A. Pirazzoli (1991) đã biên tập và giới thiệu một cách tổng thể sự dao động mực nước biển trên thế giới trong Holocen. Trong đó, vùng biển Đông Việt Nam được tổng hợp và thể hiện trên các biểu đồ dao động mực nước khá chi tiết (Pluet and Pirazzoli, 1991).

Trong vùng Đông Nam Á các nước như Indonesia, Philippin, Thái Lan, Brunei, Đông Timor đã và đang có những dự án nghiên cứu thêm lục địa nói chung, vùng ven biển với sự đầu tư lớn và bước đầu đã có những kết quả nhất định trong việc phát triển kinh tế - xã hội. Những kết quả nghiên cứu đã giúp các quốc gia này có những biện pháp hữu hiệu trong công tác quản lý dải ven biển, đặc biệt đối với các dạng tai biến địa chất trên biển. Trong những năm cuối thế kỷ 20, Thái Lan đã triển khai nghiên cứu biến động đường bờ, sự dao động mực nước biển và khảo sát đặc điểm trầm tích đới bờ ở tỷ lệ lớn vùng Adang Rawi và Tarutao,...

1.2.2. Tình hình nghiên cứu trong nước

a) Nghiên cứu châu thổ

Nghiên cứu trầm tích luận ở châu thổ sông Hồng đã thu hút đông đảo các nhà khoa học trong và ngoài nước tập trung nghiên cứu.

Trần Đức Thạnh (1993) đã phân chia quá trình tiến hóa vùng cửa sông Bạch Đằng thành các giai đoạn, xác lập các tướng trầm tích Holocen (Trần Đức Thạnh, 1993). Nguyễn Đức Cự (1994) nghiên cứu tập trung vào điều kiện tự nhiên, đặc điểm địa hóa môi trường và địa hóa các chất dinh dưỡng phốt pho, nitơ,... trong trầm tích bãi triều cửa sông ven biển Hải Phòng - Quảng Yên (Nguyễn Đức Cự, 1994). Nghiên cứu của Ngô Quang Toàn (1995) ở phần Đông Bắc đồng bằng sông Hồng đã khôi phục lại lịch sử phát triển các thành tạo trầm tích Đệ tứ và vạch ra quy luật phân bố khoáng sản liên quan (Ngô Quang Toàn, 1995). Vũ Nhật Thắng (1996) thành lập Bản đồ địa chất khoáng sản nhóm từ Thái Bình-Nam Định, tỷ lệ 1:50.000 đã phân chia chi tiết các thành tạo trầm tích Đệ tứ khu vực nghiên cứu (Vũ Nhật Thắng và nnk, 1996).

Các công trình nghiên cứu của Doãn Đình Lâm (2001, 2003, 2005) đã xác lập ba giai đoạn tiến hóa châu thổ sông Hồng trong Holocen, đồng bằng Bắc Bộ được phân chia thành bốn kiểu đồng bằng theo sự thống trị của một trong ba động lực sông, triều, sóng (Doãn Đình Lâm, 2005, 2003, 2001).

Chương trình hợp tác giữa Cục Địa chất và Khoáng sản Việt Nam với Cục Địa chất Nhật Bản đã xuất bản cuốn tài liệu phục vụ hội nghị “Địa tầng hệ Đệ tứ các châu thổ ở Việt Nam”. Trong đó, các thành tạo trầm tích Holocen của châu thổ sông Hồng

được Tanabe S (2004), Saito Y (2004), Ngô Quang Toàn (2004), Vũ Quang Lân (2004),... nghiên cứu về quá trình tiến hóa trầm tích và dao động mực nước biển trong Holocen.

Phùng Văn Phách và nnk (2018) cho rằng trầm tích Holocen châu thổ Sông Hồng trải qua 3 giai đoạn tương ứng với khoảng thời gian 11.500 năm BP; 11.500 - 8.200 năm BP và giai đoạn phát triển hệ thống châu thổ (Phùng Văn Phách et al., 2018).

Nguyễn Tài Tuệ (2019) đã dựa vào đặc điểm trầm tích và tuổi tuyệt đối ^{14}C , chỉ số địa hóa $\delta^{13}\text{C}$, chỉ số C/N từ đó luận giải môi trường và thay đổi khí hậu xảy ra trong Holocen ở châu thổ sông Hồng (Nguyễn Tài Tuệ, 2019). Trần Nghi (2019) đã phân chia trầm tích Pleistocen trên - Holocen ven biển châu thổ sông Hồng gồm 3 miền hệ thống trầm tích (miền hệ thống trầm tích biển thấp, miền hệ thống trầm tích biển tiến, miền hệ thống trầm tích biển cao) (Trần Nghi, 2019). Đề tài KC.09.02/16-20 do Trần Nghi làm chủ nhiệm đã nghiên cứu quy luật biến động địa hệ đới bờ Thái Bình - Ninh Bình trong Holocen và tác động của chúng ở châu thổ sông Hồng. Kết quả nghiên cứu của đề tài đã phát hiện được các hạn chế của quy hoạch và khai thác tài nguyên chưa hợp lý khu vực ven biển châu thổ Sông Hồng (Trần Nghi, 2019).

Ở đồng bằng châu thổ sông Cửu Long, trên cơ sở phân chia các phức hệ bào tử phấn hoa trong trầm tích Đệ tứ, Đinh Văn Thuận (2005) đã thiết lập 4 sơ đồ cổ địa lý trong kỷ Đệ tứ (Đinh Văn Thuận, 2005). Ngoài ra, nghiên cứu môi trường trầm tích Holocen dưới góc độ cổ sinh thái như công trình của Nguyễn Văn Lập, Tạ Thị Kim Oanh.

Nguyễn Địch Dỹ và nnk (2010) trong công trình “Nghiên cứu biến động cửa sông và môi trường trầm tích Holocen-hiện đại vùng ven bờ châu thổ sông Cửu Long, phục vụ phát triển bền vững kinh tế-xã hội”, mã số KC09.06.06-10, đã xác lập hệ tầng mới đó là hệ tầng Bình Đại và sắp xếp lại thang địa tầng Holocen khu vực, xây dựng các bản đồ tương đá cổ địa lý, địa mạo vùng biển, biến động đường bờ, biến động môi trường trầm tích (Nguyễn Địch Dỹ, 2010).

Nghiên cứu môi trường trầm tích tiếp cận theo hướng tổng hợp các đặc điểm về trầm tích như đặc điểm địa hóa môi trường, khoáng vật, thạch học, cổ sinh,... được Vũ Văn Hà (2015) thực hiện đã phân chia chi tiết môi trường trầm tích Holocen vùng nghiên cứu (Vũ Văn Hà, 2015).

Đề tài KC.09.13/11-15 do Đinh Xuân Thành làm chủ nhiệm đặt ra “Nghiên cứu lịch sử tiến hoá châu thổ ngầm sông Mekong trong Holocen phục vụ phát triển bền vững” đã dự báo, xây dựng các kịch bản biến đổi châu thổ sông Mekong trong bối cảnh biến đổi khí hậu, mực nước biển dâng, các tác động của con người và đề xuất các giải pháp bảo vệ và phát triển châu thổ ngầm sông Mekong (Đinh Xuân Thành, 2015).

Một số nghiên cứu tại châu thổ ngầm sông Cửu Long đã phân chia các vùng tích tụ tương ứng với các kiểu trầm tích khác nhau, cũng như tốc độ tích tụ, quá trình vận chuyển trầm tích chịu ảnh hưởng của chế độ dòng chảy ven bờ do sự chi phối của gió, thủy triều và các hoạt động của sóng (Nguyễn Trung Thành et al., 2013, 2011) có ý nghĩa quan trọng phục vụ quy hoạch, định hướng không gian phát triển vùng châu thổ ngầm. Nghiên cứu đánh giá nguyên nhân bồi - xói bờ biển liên quan đến sự mất cân bằng nguồn vật liệu trầm tích tại châu thổ ngầm. Từ đó đưa ra các giải pháp quản lý và khai thác hợp lý vùng châu thổ ngầm (Nguyễn Trung Thành, 2015) góp phần phát triển bền vững đới bờ và vùng biển ven bờ.

Nghiên cứu về lịch sử tiến hóa trầm tích Holocen châu thổ Sông Hồng, Doãn Đình Lâm (2001 ÷ 2003) đã thiết lập 3 giai đoạn tiến hóa trầm tích Holocen châu thổ Sông Hồng gồm: Giai đoạn estuary - vũng vịnh ứng với thời kỳ biển tiến Flandrian trong Holocen sớm; giai đoạn châu thổ bắt đầu từ cuối Holocen sớm - đầu Holocen giữa được hình thành và tiến ra biển, phủ lên các thành tạo estuary - vũng vịnh được hình thành trước đó; giai đoạn aluvi được hình thành sau cùng phủ lên trên các thành tạo châu thổ (Doãn Đình Lâm, 2005, 2004a, 2003; 2001).

Chương trình hợp tác giữa Cục Địa Chất và Khoáng sản Việt Nam và Cục Địa chất Nhật Bản, các nhà khoa học đã nêu được quá trình tiến hóa cũng như dao động đường bờ trong Holocen của châu thổ Sông Hồng .

Tanabe và nnk (2006) dựa vào tài liệu mới từ 04 lỗ khoan đã phân chia các đơn vị trầm tích lấp đầy thung lũng cắt xẻ với 3 đơn vị tương với ba miền hệ thống trầm tích: biển thấp LST, biển tiến TST và biển cao HST (Tanabe, 2006).

Nhìn chung, đây là những công trình nghiên cứu có tính tổng hợp cao, có giá trị về khoa học và thực tiễn. Các tác giả đã mô tả chi tiết các phân vị địa tầng theo tuổi, nguồn gốc thành tạo, thành phần vật chất, cổ sinh, đã luận giải về điều kiện thành tạo và lịch sử tiến hoá trầm tích Đệ tứ.

b. Tình hình nghiên cứu địa chất và trầm tích Holocen khu vực biển ven bờ

Từ sau những năm 1975, vùng biển nông ven bờ được tiến hành điều tra cơ bản về nguồn lợi thủy sản, điều kiện tự nhiên và tài nguyên khoáng sản. Các chương trình biển cấp Quốc gia được thực hiện:

- Công tác khảo sát địa chất, đánh giá tiềm năng khoáng sản biển cũng được các ngành chuyên môn tiến hành thực hiện như Tổng cục Địa chất và Khoáng sản, Tổng cục Biển và Hải đảo (Bộ TN&MT). Hoạt động điều tra địa chất, khoáng sản biển cho đến nay được thực hiện tập trung chủ yếu từ 100m nước trở vào ở tỷ lệ 1:500.000; 1:100.000 và một số vùng chi tiết ở tỷ lệ 1:50.000 (Đào Mạnh Tiến 2006; Nguyễn Biểu 2000; Trịnh Nguyên Tính 2010, 2011). Kết quả của các dự án trên đã góp phần làm sáng tỏ đặc điểm địa chất, địa động lực, địa chất môi trường và khoanh định được các điểm sa khoáng, vùng triển vọng sa khoáng như imenit, zircon, casiteri, vàng, vật liệu xây dựng vùng biển Việt Nam từ 100m nước trở vào.

Trung tâm Địa chất và Khoáng sản Biển (1991 ÷ 2001) đã thực hiện dự án “Điều tra đặc điểm địa chất, địa động lực, địa chất khoáng sản, địa chất môi trường và dự báo tai biến địa chất các vùng biển Việt Nam”. Trong đó, vùng biển ven bờ 0 ÷ 30 m nước Hải Phòng - Quảng Ninh đã được điều tra tỷ lệ 1:100.000; các chuyên đề địa chất, trầm tích và thủy thạch động lực làm sáng tỏ đặc điểm địa chất Đệ tứ, trầm tích tầng mặt và tương đá thạch động lực vùng ven biển nghiên cứu.

- Đề án “Điều tra, đánh giá đặc điểm cấu trúc địa chất, địa chất công trình, đề xuất các giải pháp khai thác, sử dụng lãnh thổ phục vụ xây dựng và phát triển hạ tầng dải ven bờ biển Việt Nam” do Liên đoàn Địa chất và Khoáng sản biển - Bộ TN&MT chủ trì. Các kết quả của Đề án có vai trò, ý nghĩa và làm cơ sở, tiền đề quan trọng

phục vụ phát triển kinh tế - xã hội, bảo đảm quốc phòng, an ninh và đối ngoại, hợp tác quốc tế về biển và hải đảo. Đề án đã tiến hành điều tra, khảo sát, thu thập các số liệu, dữ liệu về điều kiện tự nhiên, tài nguyên, môi trường biển và hải đảo.

Chương trình biển 48B giai đoạn 1986 ÷ 1990 tập trung nghiên cứu tổng hợp điều kiện tự nhiên, tài nguyên thiên nhiên và một số vấn đề kinh tế xã hội vùng biển Việt nam phục vụ phát triển kinh tế biển. Nguyễn Chu Hồi và nnk (1990) trong đề tài “Nghiên cứu sử dụng và cải tạo vùng bãi triều cửa sông và đầm phá dải ven biển và các đảo Việt Nam” nghiên cứu các quá trình địa hóa liên quan đến nguồn chất dinh dưỡng của bãi triều lầy ven biển Việt Nam, đồng thời tiến hành phân loại và phân vùng bãi triều lầy trong đới ven biển phía Bắc Việt Nam để làm sáng tỏ bãi triều lầy ở các khu vực và vùng tự nhiên khác nhau.

Trong những năm 1990 ÷ 1993, Đoàn Địa chất Hà Nội đã tiến hành lập bản đồ địa chất tỷ lệ 1:50.000 tờ Hải Phòng và phân viện Hải dương học tại Hải Phòng cũng đã tiến hành lập bản đồ môi trường địa chất ven bờ Hải Phòng tỷ lệ 1:50.000.

Trần Đức Thanh (1993) với đề tài về tiến hóa địa chất vùng cửa sông Bạch Đằng trong Holocen đã phân chia quá trình tiến hóa vùng cửa sông Bạch Đằng trong Holocen thành 3 thời kỳ, mỗi thời kỳ được chia thành các giai đoạn, mỗi giai đoạn phát triển có 1 hoặc 2 kiểu môi trường trầm tích đặc trưng. Đồng thời tác giả xác lập các đơn vị tương trầm tích Holocen cho vùng cửa sông Bạch Đằng.

Nguyễn Biểu (1991 ÷ 2001) chủ biên đề án "Điều tra địa chất, tìm kiếm khoáng sản rạn biển ven bờ Việt Nam (0 ÷ 30 m nước) tỉ lệ 1:500.000". Đây là một dự án lớn được thực hiện trong nhiều năm với nguồn tài liệu thu thập phong phú, đa dạng, các phương pháp nghiên cứu được tiến hành quy mô và hệ thống. Đến năm 2000, đã thành lập được bộ bản đồ tỉ lệ 1:500.000 cho các vùng biển ven bờ Việt Nam trong đó có vùng Hải Phòng - Quảng Ninh, bao gồm: Bản đồ địa chất trước Đệ tứ, địa chất Đệ tứ, địa hình, địa mạo, thủy động lực, trầm tích tầng mặt, cấu trúc kiến tạo, ...

- Chương trình nghiên cứu biển tổng hợp KHCN06 (giai đoạn 1995-2000), KC09 (giai đoạn 2001-2005) đã chú trọng thu thập, khai thác xử lý tài liệu, điều tra khảo sát bổ sung, thành lập bản đồ trầm tích tầng mặt, địa vật lý, khí tượng thủy văn, động lực, môi trường cho những vùng khác nhau trên Biển Đông Việt Nam.

- Chương trình KC.09/01-05: “Điều tra cơ bản và nghiên cứu ứng dụng công nghệ biển” tập trung điều tra cơ bản và nghiên cứu ứng dụng công nghệ biển, trong đó có 4 đề tài liên quan đến địa chất biển. Đề tài KC.09.22 của tác giả Trần Đức Thanh và nnk (2005) đã nghiên cứu, đánh giá làm rõ bản chất tự nhiên của vũng vịnh ven bờ thông qua các đặc điểm địa hình, địa mạo, địa chất trầm tích hiện đại, khí hậu, thủy văn và các hệ sinh thái. Đề tài KC.09.17 của tác giả Nguyễn Thế Tường và nnk (2005) đã khái quát được các đặc điểm địa hóa môi trường trầm tích đáy và đặc điểm địa chất ở vịnh Bắc Bộ.

- Chương trình KC.09/06-10: “Khoa học công nghệ biển phục vụ phát triển bền vững kinh tế - xã hội” đã đưa ra hệ thống thông tin, tư liệu cơ bản về cấu trúc địa chất, địa chất hiện đại, địa chất công trình, địa chất dầu khí, địa chất kiến tạo, trầm tích đáy, khí tượng biển và biến đổi khí hậu ảnh hưởng đến biến động mực nước biển, thủy văn biển và động lực biển, các hệ sinh thái biển và những kết quả đánh giá sự suy giảm đa dạng sinh học của chúng do các hoạt động kinh tế - xã hội. Trong chương trình Biển KC.09/06 -10 giai đoạn 2006 ÷ 2010, phải kể đến đề tài KC.09-13/06-10 của tác giả Trần Đức Thanh đã thu thập rất nhiều mẫu trầm tích đáy ở khu vực ven bờ tây vịnh Bắc Bộ. Dự án số 14 thuộc Đề án tổng thể về điều tra cơ bản và quản lý tài nguyên môi trường biển đến năm 2010, tầm nhìn 2020, Trần Đức Thanh (2011) cũng đã tiến hành điều tra và đánh giá khái quát được các đặc điểm địa chất, địa mạo của vùng biển và các đảo ven bờ Việt Nam trong đó có khu vực biển nông ven bờ Hải Phòng - Quảng Ninh. Tiểu dự án số 5 của Trần Đức Thanh (2011) với hợp tác giữa Việt Nam và Hoa Kỳ đã nghiên cứu lịch sử tiến hóa môi trường trầm tích khu vực châu thổ Sông Hồng (phần ngập nước).

Nguyễn Ngọc Anh với đề tài “Đặc điểm và tiến hóa thạch động lực các thành tạo trầm tích tầng mặt vùng biển nông ven bờ Hải Phòng - Quảng Ninh” đã phân tích và làm sáng tỏ đặc điểm và quy luật phân bố trầm tích tầng mặt vùng biển nông ven bờ Hải Phòng - Quảng Ninh. Đồng thời đã làm sáng tỏ lịch sử tiến hóa thạch động lực các thành tạo trầm tích tầng mặt trên cơ sở các phân tích về tướng trầm tích và luận giải điều kiện thủy thạch động lực (Nguyễn Ngọc Anh, 2014).

Các tác giả thuộc Viện Tài nguyên và Môi trường biển đã ứng dụng mô hình DELFT3D để nghiên cứu các vấn đề có liên quan đến trầm tích khu vực Quảng Ninh, Hải Phòng, Thái Bình và Nam Định. Các nghiên cứu này đã giúp cho các nhà quản lý địa phương có cách nhìn một cách tổng thể về mối quan hệ giữa phát triển kinh tế - xã hội, quản lý tổng hợp dải ven bờ và bảo vệ môi trường biển; tuy nhiên, những kết quả này được phản ánh trong phạm vi hẹp, chưa có cách nhìn một cách tổng quan về phạm vi không gian cũng như biến đổi theo thời gian.

1.2.3. Tổng quan nghiên cứu về địa tầng phân tập

Khái niệm địa tầng phân tập được đưa ra lần đầu vào năm 1949 xuất phát từ khái niệm “tập (sequences) là một đơn vị trầm tích được giới hạn bởi 2 bất chỉnh hợp”. Địa tầng phân tập lần đầu tiên được công bố vào năm 1977 bởi Peter Vail và các đồng nghiệp dựa trên cơ sở phát triển kỹ thuật phân tích mặt cắt địa chấn để minh giải trầm tích. Theo đó, trên các mặt cắt địa chấn có các mặt phản xạ sóng liên tục phù hợp với các mặt thời địa tầng, hay nói cách khác là các ranh giới thời gian trên băng địa chấn tương tự như các mặt phân lớp và các mặt bất chỉnh hợp. Các ranh giới bất chỉnh hợp được xác định trên mặt cắt địa chấn địa tầng bằng các ranh giới phản xạ kề áp (onlap) và kết thúc bằng cách chống vào bề mặt bất chỉnh hợp bên dưới hoặc chống vào nhau. Theo Vail (1977) các bất chỉnh hợp này phân chia các mặt cắt địa chấn thành các phần khác nhau được gọi là các tập địa chấn. Phương pháp mới này đã cho chúng ta thấy rõ các bề trầm tích được lấp đầy trầm tích như thế nào và rất hiệu quả trong kỹ thuật tìm kiếm thăm dò tài nguyên khoáng sản.

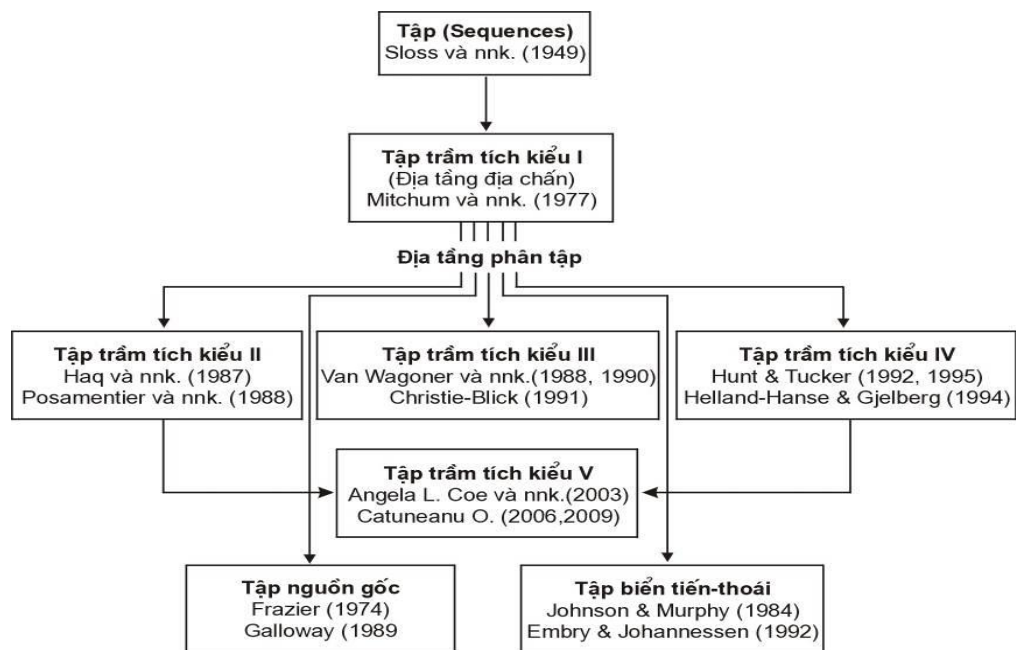
Đến nay trên thế giới tồn tại nhiều mô hình địa tầng phân tập khác nhau nhưng được áp dụng phổ biến hơn cả là mô hình của Posamentier và nnk (1988) (Posamentier and Vail, 1988), mô hình của Van Wagoner và nnk (1988, 1990) (Wagoner et al., 1988), (Mitchum et al., 1990), mô hình của Hunt và Tucker (1992, 1995) (D. Hunt and M. E. Tucker, 1992) và mô hình của Coe. A.L và nnk (2003) (A.L. Coe, 2003). Mỗi mô hình địa tầng phân tập có những điểm mạnh, điểm yếu khác nhau và được ứng dụng tốt cho những bối cảnh kiến tạo riêng biệt.

Mỗi một mô hình địa tầng phân tập đều có một cách lựa chọn riêng về ranh giới tập (Hình 1.1). Hiện nay trên thế giới chủ yếu áp dụng 3 mô hình: mô hình kiểu

II (Posamentier và nnk, 1988); mô hình kiểu IV (Hunt và Tucker, 1992, 1995) và mô hình kiểu V (Coe. A.L và nnk, 2003).

Posamentier và nnk (1988) phân chia một tập thành miền hệ thống trầm tích (MHTTT): MHTTT biển thấp (LST), MHTTT biển tiến (TST), MHTTT biển cao (HST) và lấy ranh giới tập là bất chỉnh hợp và chỉnh hợp tương đương bắt đầu từ điểm kết thúc biển dâng. Trong LST, ông chia ra LST sớm hình thành các fan châu thổ và LST muộn hình thành các nền đáy bôn. Hunt và Tucker (1992, 1995) phân chia tập thành 4 miền hệ thống trầm tích, nhiều hơn 1 miền hệ thống trầm tích so với mô hình của Posamentier (1988) đó là MHTTT biển hạ (Falling stage systems tract - FSST). Tuy nhiên, LST của Hunt tương ứng với LST muộn, còn FSST tương ứng với LST sớm của Posamentier (1988) Điểm khác nhau lớn nhất của hai mô hình này là ranh giới tập, Hunt (1992, 1995) lấy ranh giới tập tại thời điểm kết thúc biển hạ (nằm giữa FSST và LST). Mô hình của Coe và nnk (2003) có cách phân chia các miền hệ thống trầm tích giống với của Hunt (1992, 1995), nhưng ranh giới tập lại giống với Posamentier (1988). Như vậy, về mức độ phân chia các MHTTT, mô hình của Hunt và Coe A.L (2003) chi tiết hơn. Trong đó, thời gian hình thành HST tương ứng với thời gian biển thoái (HNR), FSST tương ứng với thời gian biển thoái cưỡng bức (FR), LST tương ứng với thời gian biển thoái thấp (LNR) và TST tương ứng với thời gian biển tiến (T). Tuy nhiên, trong thực tế nghiên cứu trầm tích Pliocen - Đệ tứ ở Việt Nam cho thấy, việc xác định FSST gần như không thực hiện được và bề mặt bào mòn biển thấp hình thành từ thời điểm kết thúc biển dâng chính là bề mặt bất chỉnh hợp thường là bề mặt bào mòn trên trầm tích bị phong hóa có màu sắc loang lổ.

Tại Việt Nam, nhiều tác giả sử dụng mô hình địa tầng phân tập trong các công trình nghiên cứu của mình như Trần Nghi (2012), Nguyễn Biểu (2008), Mai Thanh Tân (2005), Doãn Đình Lâm (2004b),... Từ năm 2010 trở lại đây, nhiều tác giả nghiên cứu sử dụng phương pháp địa tầng phân tập như Đình Xuân Thành (2012), Nguyễn Đình Nguyên (2014), Nguyễn Trung Thành (2017, 2021, 2023), Trần Thị Dung (2019), Nguyễn Thị Huyền Trang (2021),... Việc lựa chọn mô hình địa tầng phân tập áp dụng cho các kiểu bề khác nhau được quan tâm ở những khía cạnh khác nhau.



Hình 1. 1. Sơ đồ các mô hình địa tầng phân tập (theo Catuneanu, 2007)

Mô hình Sự kiện	Tập trầm tích kiểu II	Tập trầm tích kiểu III	Tập trầm tích kiểu IV	Tập nguồn gốc	Tập biến tiến - thoái	Tập trầm tích kiểu V
Kết thúc biến tiến	HST	HST sớm	HST	HST	RST	HST
Kết thúc biến thoái	TST	TST	TST	TST	TST	TST
Kết thúc biến hạ	LST muộn	LST	LST	LST muộn	MRS	LST
Kết thúc biến dâng	LST sớm	HST muộn	FSST	LST sớm	RST	FSST
	HST	HST sớm	HST	HST		HST

HST Hệ thống trầm tích biển cao
 TST Hệ thống trầm tích biển tiến
 LST Hệ thống trầm tích biển thấp
 FSST Hệ thống trầm tích biển hạ
 CC* Chính hợp tương đương
 (theo Posamentier và nnk. 1988)
 CC** Chính hợp tương đương
 (theo Hunt & Tucker 1992, 1995)
 MRS Bề mặt biến thoái cực đại
 MFS Bề mặt ngập lụt cực đại



Hình 1. 2. Các miền hệ thống và vị trí ranh giới tập theo các mô hình địa tầng phân tập khác nhau (theo Catuneanu, có bổ sung)

1.3. Đặc điểm khí hậu, thủy văn, hải văn

1.3.1. Khí hậu

Vùng nghiên cứu thuộc vùng đồng bằng Bắc Bộ, mang khí hậu nhiệt đới gió mùa nóng ẩm, có 2 mùa rõ rệt là mùa mưa và mùa khô. Mùa hè nắng nóng trùng với mùa mưa, kéo dài từ tháng 4 đến tháng 10. Mùa đông từ tháng 11 đến tháng 3 năm sau với thời tiết lạnh, trùng với mùa khô.

a) Lượng mưa

Lượng mưa trung bình trong năm đạt 1.700 - 1.800mm. Mùa mưa (từ tháng 4 đến tháng 10) chiếm 85- 90% lượng mưa cả năm, mùa ít mưa từ tháng 11 đến tháng 2 năm sau.

b) Chế độ gió

Vùng nghiên cứu chịu ảnh hưởng của hai chế độ gió mùa là gió mùa đông bắc (mùa đông) và gió mùa tây nam (mùa hè). Mùa gió đông bắc (từ tháng 11 đến tháng 4 năm sau), có hướng gió thịnh hành là đông bắc hoạt động mạnh nhất vào các tháng 12 và 1 (tần suất 70- 80%), tần suất xuất hiện gió trên cấp 5 ($>8\text{m/s}$) khoảng 20- 25%. Mùa gió tây nam (từ tháng 5 đến tháng 10) với tần suất khoảng 35%, tuy nhiên trong vùng tần suất gặp gió đông nam cũng khá lớn (20- 25%), với tốc độ gió đạt trên cấp 5 khoảng 15- 20%.

c) Nhiệt độ không khí

Nhiệt độ không khí có xu hướng tăng dần về phía nam, trung bình năm ở Thái Bình- Nam Định là 23- 24⁰C, biên độ dao động giữa các mùa 11- 12⁰C. Hàng năm, có 50- 60 ngày rét, 1400- 1900 giờ nắng, tổng lượng bức xạ 110- 120 Kcal/cm².

Mùa nóng từ tháng 4 tới tháng 10, nhiệt độ trung bình các tháng không quá 30⁰C. Tháng 7 nóng nhất, nhiệt độ có ngày đạt trên 38⁰C.

Mùa lạnh từ tháng 11 tới tháng 3 năm sau, với nhiệt độ trung bình từ 16- 17⁰C. Tháng lạnh nhất là tháng 12 và tháng 01, nhiệt độ trung bình tháng lạnh nhất không dưới 10⁰C.

d) Độ ẩm không khí

Độ ẩm phụ thuộc chặt chẽ vào nhiệt độ. Do đó độ ẩm tuyệt đối cao vào mùa hè, cực đại vào tháng 6- 7 là tháng nóng nhất. Mùa đông có độ ẩm tuyệt đối thấp nhất, cực tiểu vào tháng 01 là tháng lạnh nhất, tính tương phản về nhiệt- ẩm giữa hai luồng gió mùa đông bắc và tây nam.

1.3.2. Thủy văn

Vùng nghiên cứu có mạng thủy văn dày đặc, gồm 02 hệ thống sông chính là Sông Hồng, sông Đáy với nhiều phân lưu, các sông và phân lưu đổ ra biển tại 06 cửa lớn nhỏ khác nhau.

a) Sông Trà Lý

Sông chảy giữa tỉnh Thái Bình, nước sông chịu ảnh hưởng mạnh mẽ của thủy triều. Tại trạm Quyết Tiến mực nước sông Trà Lý cao nhất đạt 4,12m, nhỏ nhất là 0,2m, trung bình 1,5m. Lưu lượng QM = 140 m³/s, tốc độ dòng chảy lớn nhất (khi lũ) 2,05 m/s, độ đục đạt 2.700 g/m³.

b) Sông Hồng

Hệ thống Sông Hồng là hệ thống sông lớn thứ hai của Việt Nam chỉ sau hệ thống sông Cửu Long. Sông Hồng bắt nguồn từ Trung Quốc, đến biên giới Việt-Trung, Sông Hồng chạy dọc theo biên giới khoảng 80 km; đoạn thì bên lãnh thổ Việt Nam, đoạn thì bên lãnh thổ Trung Quốc. Khi đến thành phố Lào Cai, Sông Hồng chảy hẳn vào lãnh thổ Việt Nam. Lòng sông khá rộng, trung bình 500 ÷ 800 m, mùa lũ còn rộng hơn. Nước chảy yếu do ảnh hưởng của thủy triều, nước sông đục quanh năm. Theo tài liệu ở trạm Phú Hào, tại đây sông sâu 11m. Mực nước cao nhất đạt 3,59 m, thấp nhất 0,2 m. Vận tốc dòng chảy lớn nhất 2,2m, lưu lượng lớn nhất (QM) 4.080 m³/s, độ đục lớn nhất 5.990 g/m³.

c) Sông Ninh Cơ

Là chi lưu của Sông Hồng bắt nguồn từ cuối huyện Trực Ninh chảy quanh co song có hướng chung là đông bắc- tây nam đổ ra biển ở cửa Lạch Giang, với chiều dài khoảng 14 km, chiều rộng khoảng 400- 500m. Theo tài liệu của trạm thủy văn

Trực Phương cho thấy mực nước trung bình nhiều năm là 69,1cm, cao nhất vào tháng 8 là 226cm, thấp nhất vào tháng 1 là 41 cm.

d) Sông Đáy

Sông Đáy chảy từ Hà Tây đổ vào vùng nghiên cứu ở huyện Nghĩa Hưng, Nam Định. Sông Đáy là ranh giới của Nam Định và Ninh Bình, 1 chi lưu của Sông Hồng từ vùng thành phố Nam Định đổ vào. Sông Đáy đoạn đi qua vùng có chiều dài khoảng 15km, chiều rộng khoảng 400- 500m, sông có dạng uốn khúc quanh co, nhiều đoạn hình móng ngựa. Mực nước trung bình nhiều năm đo tại trạm thủy văn Như Tân đạt 35,25 cm, cao nhất vào tháng 8 đạt 152 cm, nhỏ nhất vào tháng 1 đạt 74 cm.

e) Sông Nam Định (Sông Đào)

Sông Đào là sông nhân tạo, nối liền Sông Hồng với sông Đáy, bắt nguồn từ Ngô Xá (Nam Định) đến Độc Bộ (Ý Yên), dài 32km. Đây là đường thoát nước của Sông Hồng qua sông Đáy, hướng chảy bắc - nam.

f) Sông Càn

Sông Càn là một con sông nằm ở vùng giáp ranh giới hai tỉnh Ninh Bình và Thanh Hóa. Thực chất sông Càn là đoạn hạ lưu của bốn con sông khác trên thượng nguồn là: sông Tống, sông Hoạt, sông Tam Điệp và sông Bút. Đây là một con sông không lớn nhưng lại kết nối thông thủy với nhiều sông khác và nó trực tiếp đổ ra biển Đông tại cửa Lạch Càn. Riêng đoạn hạ lưu sông Càn là một phần ranh giới tự nhiên giữa miền Bắc và miền Trung, tiếp nối theo dãy Tam Điệp hùng vĩ. Sông cũng là đường biên phía tây của khu dự trữ sinh quyển châu thổ Sông Hồng.

1.3.3. Hải văn

a) Thủy triều

Thủy triều trong vùng biển ven bờ khu vực nghiên cứu có tính chất chuyển tiếp từ nhật triều đều (Hòn Dấu) sang nhật triều không đều (vùng Cửa Nhượng). Vì vậy, trong tháng có 25-27 ngày là nhật triều, 3-5 ngày là bán nhật triều. Mực nước triều cực đại trung bình nhiều năm từ 134 cm-149cm; mực nước triều thấp nhất trung bình nhiều năm từ -120cm đến - 139cm; như vậy dao động thủy triều trung bình nhiều năm từ 264cm đến 287cm.

b) Dao động mực nước

Dao động mực nước biển thường bao gồm mực nước có chu kỳ thiên văn (thủy triều) và mực nước dâng (rút) do các điều kiện khí tượng gây ra như gió mùa, bão... Trong đó, mực nước thủy triều đóng vai trò chính, sự dâng (rút) nước do gió mùa và bão chỉ xảy ra trong những thời kỳ nhất định, đáng kể là vào mùa mưa, do mùa mưa ở khu vực thường trùng với mùa bão. Trong thời kỳ có bão đổ bộ, nếu trùng với thời kỳ triều cường sẽ gây nên hiện tượng ngập úng cho vùng đồng bằng ven biển, ảnh hưởng đến nhiều mặt của đời sống. Về mức độ dao động mực nước ven biển vùng Thái Bình-Nam Định thuộc dạng khá cao so với các vùng biển khác của Việt Nam, dao động nhiều năm có thể đạt khoảng 3,6m.

c) Chế độ sóng

Trong vùng nghiên cứu các đặc trưng của sóng thay đổi theo hai mùa, tuy nhiên các đặc trưng của sóng vào các thời kỳ khác nhau cũng rất khác nhau. Độ cao sóng cực đại thường đo được vào lúc thời tiết xấu, khi có bão và gió mùa. Các hoạt động làm biến đổi địa hình đường bờ và đáy biển rõ rệt thường xuất hiện vào thời gian có gió đông bắc mạnh kết hợp với triều cường (thường vào các tháng cuối năm âm lịch). Còn những biến đổi địa hình và trầm tích do bão hoặc áp thấp nhiệt đới chỉ có tác động đột biến, nhiều khi những tác động đột biến này vượt quá ngưỡng dẫn đến tai biến thiên nhiên gây thiệt hại nặng nề về tài sản cho các địa phương ven biển.

Chế độ sóng ở vùng nghiên cứu có các tính chất theo mùa rõ ràng. Dựa trên những dữ liệu quan trắc cho thấy: trong mùa đông (từ tháng 11 đến tháng 03 năm sau), sóng thịnh hành đến từ phía đông bắc; trong khi đó vào mùa hè (từ tháng 4 đến tháng 10) sóng đến từ phía nam và đông nam.

d) Dòng chảy biển

Chế độ dòng chảy vùng biển nghiên cứu chịu sự chi phối mạnh mẽ của hai mùa gió (đông bắc và tây nam), cùng với sự dao động mực nước mang tính chất nhật triều điển hình, độ cao thủy triều cực đại có thể đạt gần 4,0m và điều kiện sóng gió luôn biến đổi mạnh theo thời gian. Đồng thời cũng chịu ảnh hưởng không nhỏ của yếu tố hình thái đáy biển. Xu thế chung của dòng chảy ven biển là từ bắc xuống nam

vào mùa đông và ngược lại vào mùa hè. Riêng ở khu vực có hệ thống cửa sông lớn (cửa Ba Lạt, Cửa Đáy, cửa Ninh Cơ,...) có dòng chảy rất phức tạp do tác động động lực của dòng chảy sông rất lớn vào mùa mưa lũ. Vào mùa đông, dòng chảy có hướng nam là chủ yếu với tốc độ khá lớn, có thể đạt 50cm/s. Vào mùa hạ, do ảnh hưởng của gió mùa tây nam dòng chảy có hướng lên bắc với tốc độ nhỏ hơn 25cm/s. Do đó, chế độ thủy động lực ở đây có vai trò rất quan trọng trong việc vận chuyển bùn cát, biến động địa hình.

e) Độ muối

Nếu như độ muối tầng mặt ở ngoài khơi Biển Đông có giá trị cao và biến động không nhiều, thì trong Vịnh Bắc Bộ nói chung và vùng nghiên cứu nói riêng, độ muối có thấp hơn và biến đổi khá rõ rệt theo mùa. Vào các tháng mùa mưa, độ muối của nước biển ở vùng ven bờ giảm đi rõ rệt do có sự pha trộn thêm nước ngọt từ lục địa đưa ra.

Kết quả đo độ mặn nước biển vùng nghiên cứu cho thấy, độ mặn trung bình của nước biển 30,2 ppt, càng vào gần bờ nước biển càng nhạt, độ mặn thấp nhất 20,1ppt. Tại một số khu vực cửa sông lớn độ mặn đo được thay đổi liên tục trong ngày theo chu kỳ của thủy triều (giá trị độ mặn thấp hơn 10ppt).

Theo kết quả đo đạc thu thập trên 800 trạm khảo sát đới 0-20m nước nhận thấy giá trị độ mặn nước biển tầng mặt dao động từ 0,2 ‰ (cửa Đáy) đến 31,1‰ (ngoài khơi cửa Hà Lạn), trung bình 24,0‰.

Độ mặn nước biển chịu ảnh hưởng lớn của hoàn lưu gió mùa, ngoài ra còn phụ thuộc vào độ muối của biển khơi, lượng nước ngọt từ lục địa, điều kiện mưa và bốc hơi trên biển. Mùa khô là mùa hoạt động của gió mùa, trên mặt biển hình thành lưỡi nước lạnh có độ mặn cao hơn, ở các cửa sông vừa và lớn chỉ còn 2-25‰.

1.4. Đặc điểm địa chất

1.4.1. Địa tầng

1.4.1.1. Các thành tạo trước Đệ tứ

Trong phạm vi dải ven biển Thái Bình - Ninh Bình diện tích chỉ có đá vôi hệ tầng Đồng Giao phân bố phía Bắc huyện Nga Sơn, tỉnh Thanh Hóa và một phần tại

phía Nam huyện Yên Mô, tỉnh Ninh Bình. Theo tài liệu lỗ khoan, trong phạm vi khu vực ven biển đồng bằng Sông Hồng còn gặp các đá tuổi trước Đệ tứ thuộc các hệ tầng sau: Thái Ninh (PR_{1tn}), Kiến An (S_2-D_{1ka}), Dương Động (D_{1-2dd}), Đồ Sơn (D_2ds), Phố Hàn (D_3-C_{1ph}), Cát bà (C_{1cb}), Bắc Sơn ($C-Pbs$), Đồng Giao (T_2dg), Hòn Gai (T_{3n-hg}), Tiên Hưng (N_1^{3th}) và Vĩnh Bảo (N_{2vb}).

1.4.1.1. Các thành tạo Đệ tứ

Sự phát triển của các trầm tích Đệ tứ chính là quá trình tiến hoá của đồng bằng Sông Hồng nói chung và đới ven biển Thái Bình - Ninh Bình nói riêng trong kỷ Đệ tứ. Theo trình tự thời gian, trầm tích khu vực nghiên cứu được chia thành các hệ tầng: Lệ Chi tuổi Pleistocen sớm, Hà Nội tuổi Pleistocen giữa - đầu Pleistocen muộn, Vĩnh Phúc tuổi cuối Pleistocen muộn, Hải Hưng tuổi Holocen sớm-giữa và Thái Bình tuổi Holocen giữa - muộn (Hình 1.3).

a) Hệ tầng Lệ Chi $Q_1^1 lc$

Hệ tầng Lệ Chi do Ngô Quang Toàn xác lập năm 1987 khi nghiên cứu chi tiết mặt cắt tại lỗ khoan LK4-HN thuộc xã Lệ Chi, Gia Lâm, Hà Nội.

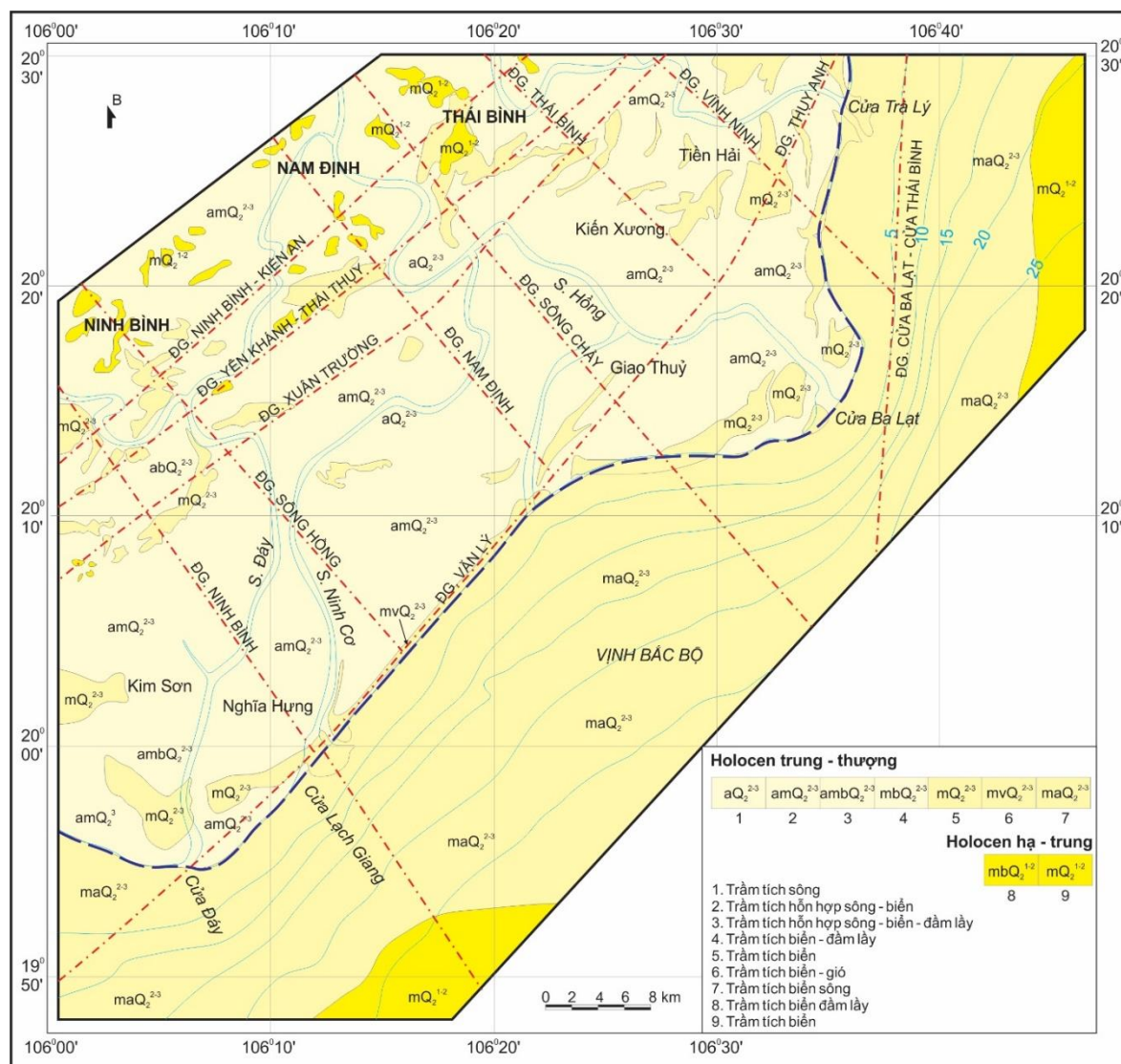
Trầm tích này có nguồn gốc sông - biển ($amQ_1^1 lc$). Ở vùng Thái Bình - Nam Định, mặt cắt nghiên cứu cho trầm tích này có phần tương đồng với trật tự trầm tích tại lỗ khoan LK2-HP ở độ sâu từ 116,5m đến 129m, dày 12,5m, gồm bột, sét và cát xám vàng (trong đó, bột: 62%, sét: 16% và cát: 22%) chứa phổ phần: *Gleichenia*, *Taxodium*, *Cyathea*, *Sphagnum*, *Ilex*, *Quercus*, *Salix*, *Castanea* và vi cổ sinh *Ammonia*, *Nonion*, *Bolivina*, *Cibicides*, *Quinqueloculina*, *Gastropoda*, *Ostracoda*, đặc trưng cho môi trường cửa sông tuổi Pleistocen sớm.

b) Hệ tầng Hà Nội $Q_1^{2-3} hn$

Hệ tầng Hà Nội do Hoàng Ngọc Kỳ xác lập năm 1973. Theo quan niệm của ông, khối lượng hệ tầng Hà Nội tương đương với tập hạt thô (tập 1) nằm ở phần trên cùng hệ tầng Hải Dương do Golovenoc V.K và Lê Văn Chân xác lập năm 1965.

Trầm tích của hệ tầng Hà Nội, trong phạm vi khu vực nghiên cứu chỉ có nguồn gốc sông ($aQ_1^{2-3} hn$) và hỗn hợp sông - biển ($amQ_1^{2-3} hn$). Trầm tích này bắt gặp trong lỗ khoan ở độ sâu từ 19 - 107m với chiều dày thay đổi từ 2,1m đến 38,3m, diện phân

bỏ bắt đầu từ Đông Anh kéo xuống Hải Dương - Ninh Giang - Đông Hưng - Tiền Hải (Thái Bình), Nam Định - Hải Hậu (Nam Định).



Hình 1. 3. Sơ đồ địa chất đới bờ châu thổ Sông Hồng (thu nhỏ từ tỷ lệ 1:50.000)

Cơ sở thành lập: 1. Bản đồ địa chất khoáng sản nhóm từ Thái Bình - Nam Định, tỷ lệ 1:50.000 (Vũ Nhật Thăng và nnk, 1996). 2. Tài liệu khảo sát, phân tích bổ sung.

Mặt cắt đặc trưng cho trầm tích này được mô tả tại lỗ khoan LK6 TB (Đông Hưng, Thái Bình) (Vũ Nhật Thắng và nnk, 1996) ở độ sâu từ 41 đến 62m với chiều dày 21m gồm 2 tập từ dưới lên như sau:

Tập 1 (62m - 45m): cát hạt nhỏ và vừa lẫn ít sét bột màu xám, xám nâu, dày 17m. Trong đó, cát sạn chiếm 73 - 88,5%, bột 12,8 - 23,5% và sét chiếm 0,9 - 1,8%. Thành phần cát gồm thạch anh: 85-95%; mảnh vụn đá: 5 - 13%, tảo mặn lợ và ngọt gồm: *Thalassiosira*, *Coscinodiscus*, *Hantzschia*, *Navicula*,... và bào tử phân hoa: *Cyathea*, *Cycas*, *Sequoia*, *Taxus*, *Pinus*,...

Tập 2 (45m - 41m): sét bột màu xám nâu, nâu gụ, xám lẫn ít lớp hạt mịn, mỏng. Dày 4m. Thành phần sét chiếm 46 - 51,3%, bột: 43,35-52,45% và cát 1,55 - 4%. Trong tập chứa di tích bào tử phân hoa: *Taxodium*, *Sequoia*,...

Các di tích hóa thạch trên thuộc môi trường cửa sông ven biển ứng với thời kỳ khí hậu khô nóng tuổi Pleistocen muộn, phần sớm.

c) Hệ tầng Vĩnh Phúc Q_1^{3vp}

Hệ tầng Vĩnh Phúc do Hoàng Ngọc Kỳ và Nguyễn Đức Tâm xác lập (1973) khi nghiên cứu trầm tích sét loang lổ ở vùng Vĩnh Phúc.

Trong khu vực nghiên cứu trầm tích này chủ yếu có nguồn gốc hỗn hợp sông - biển (amQ_1^{3vp}). Tại lỗ khoan LK4 TB (Vũ Thư - Thái Bình) (Vũ Nhật Thắng và nnk, 1996), trầm tích này gặp trong ở độ sâu 67,5 - 56m với thành phần trầm tích là cát lẫn sạn sỏi, cuội nhỏ màu xám sáng, xuống sâu hàm lượng cuội sỏi tăng.

Mặt cắt điển hình gặp ở LK34ND (Nam Định) (Vũ Nhật Thắng và nnk, 1996) ở độ sâu 53m - 42,6m, trầm tích có trầm tích hạt mịn gồm sét, sét bột màu xám tro, xám ghi đôi chỗ xám vàng, vàng nhạt, bề mặt bị phong hóa loang lổ. Dày 10,4m. Trong trầm tích chứa: *Cyathea*, *Pteris*, *Acrostichum*, *Acanthus*, *Sonneratia*, *Cycas*, *Graminae* có tuổi Pleistocen muộn, phần muộn thuộc môi trường cửa sông ven biển.

Yếu tố biển thể hiện càng rõ nét ở khu vực ven biển Thái Bình - Nam Định. Chúng không lộ trên mặt mà chỉ gặp trong các lỗ khoan thuộc diện tích các huyện Nghĩa Hưng (Nam Định), Kim Sơn, Yên Khánh (Ninh Bình) và Tiền Hải, Thái Thụy (Thái Bình) ở độ sâu 18 - 59m, bề dày thay đổi từ 5,5 m đến 30m. Mặt cắt tại LK 37

NĐ (Kim Sơn - Ninh Bình) (Vũ Nhật Thắng và nnk, 1996), độ sâu 48 - 18m, thành phần trầm tích chủ yếu là sét, sét bột màu xám xanh, xám tro nhạt thỉnh thoảng có lẫn di tích thực vật màu đen.

Bề mặt trầm tích hệ tầng Vĩnh Phúc thường bị phong hóa mạnh có màu sắc loang lổ và có lẫn ít kết vón oxyt sắt khá rắn chắc.

d) Hệ tầng Hải Hưng $Q_2^{1-2}hh$

Hệ tầng Hải Hưng được Hoàng Ngọc Kỳ (1978) xác lập khi nghiên cứu trầm tích Đệ tứ từ Hải Phòng-Nam Định, khối lượng bao gồm 2 tầng cũ là tầng Giảng Võ và tầng Đống Đa, được xác định lại tuổi Holocen sớm-giữa (Q_2^{1-2}).

Trầm tích thuộc hệ tầng Hải Hưng có các nguồn gốc sông - biển ($amQ_2^{1-2}hh$), biển - đầm lầy ($mbQ_2^{1-2}hh$) và biển ($mQ_2^{1-2}hh$) trong đó phổ biến nhất là trầm tích có nguồn gốc biển. Trầm tích này có diện lộ khá rộng rãi ở khu vực Hải Phòng. Bề dày trầm tích dao động trong khoảng 0,4 - 40,5m. Trong mặt cắt từ dưới lên, trầm tích có xu thế mịn dần chuyển từ môi trường biển tương bãi triều lên tương vũng vịnh biển nông ven bờ. Mặt cắt tiêu biểu của trầm tích này được mô tả ở LK 14HP - Hải Phòng, ở độ sâu 25 - 14,5m. Trật tự đất đá từ dưới lên được mô tả như sau:

- Lớp 1 (25 - 17m): cát hạt mịn đến nhỏ lẫn vảy muscovit ít tàn tích thực vật, dày 8m.

- Lớp 2 (17 - 14,8m): sét, sét bột, lẫn ít cát cát xám, xám vàng, ít kết vón oxyt sắt dày 2,2m.

Vùng Làng Đồng (Vụ Bản - Nam Định) tích tụ xác sinh vật biển nông có tuổi theo phân tích C14 là 6.800 ± 50 năm.

Trầm tích hỗn hợp sông - biển chỉ gặp trong các lỗ khoan ở Nam Định, Ninh Bình ở độ sâu từ 18 - 36,6m với chiều dày thay đổi 3 - 9,6m. Mặt cắt điển hình được mô tả tại lỗ khoan LK 34NĐ (Nam Định) (Vũ Nhật Thắng và nnk, 1996) ở độ sâu từ 21,7 đến 30,8m, dày 9,1m gồm sét bột màu xám, nâu nhạt, xám xen kẹp lớp cát hạt mịn cấu tạo phân lớp xiên chéo. Thành phần cấp hạt: sét 44,3 - 61,4%; bột 38,3 - 85%; cát hạt mịn 0,3 - 1,5%. Thành phần khoáng vật sét gồm kaolinit, hydromica. Trong trầm tích có chứa các dạng bào tử phấn: *Polypodium*, *Cyathea*, *Pteris*, *Taxodium*,

Hibicus, *Atripex* và vi cổ sinh: *Ammonia*, *Quinqueloculina*, *Ostracoda* và một số dạng tảo mặn lợ như: *Coscinodiscus*, *Thalassiosira*, *Diptoneis*, *Hantzschia*, *Cyclotella*, ... Trên cơ sở cổ sinh, các thông số độ hạt và hóa lý môi trường nêu trên, trầm tích ở đây thuộc tướng cửa sông ven biển, tuổi Holocen sớm - giữa.

Trầm tích biển - đầm lầy ($mbQ_2^{1-2}hh$) hình thành trước giai đoạn biển tiến cực đại vào Holocen giữa. Chúng bắt gặp ở hầu hết các lỗ khoan vùng ven biển đồng bằng Sông Hồng ở độ sâu từ 4m đến 48m, chiều dày khoảng 25m. Mặt cắt đặc trưng của trầm tích được mô tả tại lỗ khoan LK30ND (Vũ Nhật Thăng và nnk, 1996) ở độ sâu 48 - 20m, dày 24m gồm:

Tập 1 (48 - 54m): gồm sét bột, bột sét lẫn cát hạt mịn màu tím thẫm, xám, xám xanh, trong đó bột chiếm: 43,4 - 64,4%, sét chiếm : 2,8 - 56,1%, cát từ 1 - 12,5%, xen kẹp có những lớp mỏng di tích thực vật dạng lá và thân gỗ.

Tập 2 (45,39 - 39,5m): cát hạt nhỏ mịn xen bột, sét màu xám, xám phớt xanh trong đó cát chiếm: 49,5 - 68,1%; bột 31,9 - 41,15%; sét 6 - 9,2%. Thành phần khoáng vật cát: thạch anh 68 - 85%, mảnh đá 3 - 25%, feldpat ít, khoáng vật nặng chủ yếu là siderit chiếm 5 - 10%. Xen trong trầm tích này là những lớp rất mỏng chứa di tích thực vật phát triển trong vùng sinh lầy ven biển như: *Nyphar*, *Cyperus*.

Tập 3 (39,5 - 24m): bột sét lẫn cát hạt mịn màu xám, xám nhạt có lẫn nhiều xác vỏ xác động vật biển và tàn tích thực vật màu đen. Thành phần (%) trầm tích như sau: 58,8 - 68,9% bột; 22 - 39,2% sét, 5,25 - 19,4% cát.

Trầm tích có chứa di tích vi cổ sinh: *Ammonia*, *Nonion*, *Quinqueloculina*, *Elphidium*. Tập hợp bào tử phần hoa: *Polypodium*, *Nyphar*, *Pteris*, *Osmunda*. Ở độ sâu 25-27,5m gặp tảo mặn lợ: *Coscinodiscus*, *Cyclotella*, *Diploneis*, *Thalassiosira*, *Hantzschia*. Ở Tân Khánh (Vụ Bản - Nam Định) trong trầm tích này có một lớp vỏ hào dày 0,5 - 1m có tuổi tuyệt đối phân tích theo phương pháp ^{14}C là 6.800 ± 50 năm BP.

e) Hệ tầng Thái Bình $Q_2^{2-3}tb$

Hệ tầng Thái Bình lần đầu tiên được Hoàng Ngọc Kỳ (1978) xác lập khi nghiên cứu trầm tích hệ Đệ tứ từ Hải Phòng-Nam Định. Các thành tạo của hệ tầng Thái Bình là các thành tạo trẻ nhất với tuổi xác định là Holocen muộn (Q_2^3tb). Trong phạm vi

vùng công tác, các thành tạo này được phân bố trên một diện tích rộng, chiều dài theo ven bờ biển, dọc theo các sông, chạy qua Thái Bình, Nam Hà với các kiểu nguồn gốc khác nhau.

- Trầm tích hỗn hợp sông - biển ($amQ_2^{2-3}tb$)

Trầm tích hỗn hợp sông - biển Holocen trung - thượng của hệ tầng Thái Bình phân bố ở vùng ven biển Hải Phòng, Thái Bình, Nam Định, Ninh Bình dưới dạng các bề mặt trũng thấp nhưng khá bằng phẳng. Thành phần trầm tích chủ yếu là bột sét lẫn ít cát hạt mịn màu xám nâu, trong đó hàm lượng sét 50 - 60%, bột 40 - 50%, cát hạt mịn 2 - 10%. Trong trầm tích có chứa foraminifera: *Ammonia beccarii*, *Nonion*, *Quinqueloculina*,... di tích tảo nước ngọt, mặn: *Hantzschia*, *Cyclotella*, *Gomphonema*, *Navicula*,... tập hợp bào tử phân hoa: *Polypodium*, *Morus*, *Cyathea*, *Pteris*, *Taxus*. Các di tích trên xác định trầm tích nguồn gốc sông - biển, tuổi Holocen. Bề dày trầm tích 2 - 27m.

- Trầm tích hỗn hợp sông - biển - đầm lầy ($ambQ_2^{2-3}tb$)

Trầm tích này phân bố ở các vùng cửa sông Bạch Đằng, cửa Ba Lạt, Cửa Đáy,... Thành phần là cát sét màu nâu xám ở phần dưới chuyển lên là bột sét lẫn ít cát hạt mịn và mùn thực vật, trong đó bột chiếm 60 - 70%, sét 20 - 30% và cát 5 - 10%. Trầm tích chứa nhiều di tích vi cổ sinh: *Ammonia*, *Quinqueloculina*,... tảo chỉ gặp vài dạng: *Cyclotella*, *Thalassiosira*, *Coscinodiscus* và bào tử phân *Polypodium*, *Larix*, *Osmunda*, *Taxodium*,... Thành phần khoáng vật sét là hydromica, kaolinit, clorit, ít thạch anh.

- Trầm tích biển - đầm lầy ($mbQ_2^{2-3}tb$)

Trầm tích biển - đầm lầy hệ tầng Thái Bình chỉ bắt gặp trong các lỗ khoan ở độ sâu 2 - 20m trong vùng nghiên cứu. Theo đường bờ hiện tại, bề dày trầm tích này vát mỏng về hai phía Hải Phòng và Ninh Bình. Bề dày lớn nhất bắt gặp ở Thái Bình (lỗ khoan LK4TB) là 13m (Vũ Nhật Thăng và nnk, 1996). Thành phần trầm tích bao gồm bột sét lẫn ít cát màu xám, xám đen chứa tàn tích thực vật thân cỏ sủ vệt bảo tồn kém. Bột chiếm 60 - 70%, sét 20 - 25%, cát 3 - 10%, mùn thực vật 3 - 5%. Ở

vùng Hải Phòng và Ninh Bình, trầm tích có xen các thấu kính than bùn song quy mô không lớn.

Trầm tích chứa nhiều di tích tảo mặn và lợ: *Cyclotella*, *Coscinodiscus*, *Achnanthes*, ... bào tử phân hoa: *Polypodium*, *Cyathea*, *Gleichenia*, *Sequoia*, ... vi cổ sinh: *Quinqueloculina*, *Ammonia*, *Virgulina*, ... thuộc môi trường đầm lầy cửa sông ven biển, tuổi Holocen muộn và có thể Holocen giữa ở phần dưới.

- Trầm tích biển - gió ($mvQ_2^{2-3}tb$)

Trầm tích biển - gió Holocen trung - thượng phân bố thành những dải đụn cát hẹp không liên tục ven đường bờ biển. Các cồn đụn này thường cao 0,5 - 2m so với mực biển, dài 10 - 100m, rộng 5 - 20m. Thành phần gồm cát hạt mịn lẫn bột màu xám, chọn lọc tốt lẫn nhiều sa khoáng inmenit và zircon. Kết quả phân tích độ hạt cho thấy cát thường chiếm 45 - 86%, bột 5 - 14%. Cát có thành phần khoáng vật: thạch anh 60 - 80%; mảnh vụn đá, feldpat và mica 5 - 17%; khoáng vật nặng ilmenit, magnetit, monazit: 3 - 5%.

- Trầm tích biển ($mQ_2^{2-3}tb$)

Trầm tích này phân bố dọc theo đường bờ biển hiện tại và tồn tại theo hai kiểu mặt cắt:

Kiểu đụn cát của các bãi cát ven biển phân bố trong đới thủy triều có cát thạch anh hạt mịn chiếm 80 - 90% lẫn ít bột màu xám. Trong cát bột có chứa nhiều vi cổ sinh: *Ammonia*, *Elphidium*, *Quinqueloculina*, ... Kiểu trầm tích này có ở vùng Thái Ninh, Tiền Hải, Cát Hải, ...

Kiểu vũng vịnh bắt gặp trong các lỗ khoan ở Vĩnh Bảo, Thái Thụy, Tiền Hải, Giao Thủy, Nghĩa Hưng, Kim Sơn. Độ sâu phân bố từ 0 - 18m. Bề dày lớn nhất là 18m ở LK35TB (Tiền Hải - Thái Bình) (Vũ Nhật Thắng và nnk, 1996). Thành phần độ hạt gồm bột 63%, sét 26%, cát 10 - 12% lẫn ít vỏ sò ốc, vảy mica và chứa vi cổ sinh: *Quinqueloculina*, *Seminulum*, *Elphidium*, *Ammonia*, ... bào tử phân hoa: *Polypodium*, *Acanthus*, *Hibiscus*, *Acrostichum*, *Avicenia*, ... thuộc môi trường biển vũng vịnh tuổi Holocen giữa - muộn.

1.4.2. Đặc điểm cấu trúc - kiến tạo

a) Đứt gãy

Hệ thống đứt gãy phương TB - ĐN

- Hệ thống này gồm hai cấp:

Đứt gãy cấp I: là các đứt gãy sâu đóng vai trò phân chia các yếu tố kiến trúc bậc I và không chế đặc điểm địa động lực của các đới kiến tạo gồm đứt gãy sông Hồng, đứt gãy sông Chảy, đứt gãy sông Lô. Hiện các đứt gãy này hoạt động với cơ chế trượt bằng phải thuận. Các đứt gãy này hình thành từ trước Neogen và hoạt động trở lại trong giai đoạn Tân kiến tạo. Các đứt gãy này đóng vai trò quan trọng trong việc chi phối các quá trình trầm tích và phân chia đồng bằng sông Hồng thành các đới cấu trúc có phương TB-ĐN với chế độ hoạt động kiến tạo khác nhau.

Đứt gãy cấp II: Gồm các đứt gãy Vĩnh Ninh, Ninh Bình và các đứt gãy song song cùng hệ với đứt gãy sông Hồng. Các đứt gãy này phát triển dọc theo hai rìa của các đứt gãy cấp I, chia cắt các kiến trúc cấp I thành các khối nâng hạ bậc cao.

- Đứt gãy sâu Sông Lô có phương TB - ĐN, độ sâu xuyên cắt 35 - 40km, cắm về phía TN, dốc 70°. Đứt gãy Sông Lô đóng vai trò là ranh giới giữa khối nâng và khối hạ trong Tân kiến tạo, ảnh hưởng mạnh mẽ đến quá trình lắng đọng trầm tích, thể hiện rõ tính phân dị bề dày trầm tích ở hai bên cánh đứt gãy (cánh tây nam sụt lún mạnh, bề dày trầm tích trong tân kiến tạo đạt trên 4000m, cánh đông bắc bề dày trầm tích đạt trên vài chục mét. Dọc đứt gãy Sông Lô ghi nhận một số chấn tâm động đất có cường độ đạt 5,1 - 5,6 độ richter. Trong hiện đại, đứt gãy chuyển động theo cơ chế trượt bằng phải.

- Đứt gãy Vĩnh Ninh có độ sâu xuyên cắt 15 - 20 km, phát triển theo hướng TB - ĐN. Đứt gãy hoạt động trong suốt tân kiến tạo và kiến tạo hiện đại. Trong tân kiến tạo, đứt gãy cắm về phía ĐB, dốc 80°. Đứt gãy có ảnh hưởng mạnh mẽ trong tân kiến tạo và kiến tạo hiện đại. Trong Tân kiến tạo, đáy Kainozoi có cấu tạo sụt bậc rõ ở hai bên cánh: cánh đông bắc sụt lún sâu hơn so với cánh tây nam. Trong kiến tạo hiện đại, đứt gãy cắm về tây nam với cánh tây nam sụt lún mạnh hơn cánh đông bắc. Dọc đứt gãy Vĩnh Ninh ghi nhận 3 chấn tâm động đất có cường độ từ 5 - 5,6 độ

richter, với độ sâu chấn tiêu từ 10 - 20km. Trong hiện đại, dọc 2 cánh đứt gãy đang xảy ra sụt lún, đứt gãy chuyển động theo cơ chế trượt bằng phải.

- Đứt gãy Sông Chảy có độ sâu xuyên cắt 30 - 40 km, phát triển theo phương TB - ĐN, cắm về phía đông bắc với góc dốc 72° . Đứt gãy Sông Chảy cùng với đứt gãy Sông Lô đã tạo khối sụt mạnh trong Tân kiến tạo. Trong kiến tạo hiện đại, đứt gãy Sông Chảy đóng vai trò là trung tâm sụt lún. Dọc đứt gãy ghi nhận 4 chấn tâm động đất có cường độ từ 4,8 đến 5.6 độ richter, độ sâu chấn tiêu trên 20km. Trong hiện đại, đứt gãy chuyển động theo cơ chế trượt bằng phải. Tại Hưng Hà, nằm giữa hai đứt gãy Sông Chảy và đứt gãy Vĩnh Ninh phát triển nứt đất với quy mô lớn.

- Đứt gãy sâu Sông Hồng phát triển theo phương TB - ĐN, có độ sâu xuyên cắt 60-70km cắm về đông bắc, dốc 72° . Đây là đứt gãy có vai trò phân chia ranh giới giữa địa khối Nam Trung Hoa và địa khối Sundaland. Đứt gãy hoạt động mạnh mẽ trong Kainozoi và trải qua hai pha biến dạng: pha sớm Oligocen-Miocen, đứt gãy chuyển động theo cơ chế trượt bằng trái; pha muộn Pliocen - Đệ tứ đứt gãy chuyển động theo cơ chế trượt bằng phải. Dọc đứt gãy ghi nhận một số chấn tâm động đất có cường độ 4,8-5 độ richter, độ sâu chấn tiêu từ 10 - 20km.

- Đứt gãy Ninh Bình (hay đứt gãy Sông Đáy) có độ sâu xuyên cắt 35 - 40km cắm về đông bắc. Đứt gãy hoạt động trong Tân kiến tạo là ranh giới giữa khối nâng và trũng Sông Hồng. Dọc đứt gãy ghi nhận một số chấn tâm động đất.

Hệ thống đứt gãy phương ĐB - TN

Hệ thống đứt gãy này có độ sâu không lớn, bao gồm các đứt gãy Xuân Trường - Thụy Anh, Văn Lý. Các đứt gãy này tạo ra kiến trúc ô mạng khá đặc thù của đồng bằng châu thổ Sông Hồng. Các đứt gãy phương TB - ĐN phân chia trũng Sông Hồng ra các khối nâng và sụt với cường độ khác nhau. Tốc độ sụt lún và biên độ sụt lún tăng từ rìa vào trung tâm. Các khối nâng và sụt lại bị phức tạp bởi hệ đứt gãy ĐB - TN. Hệ đứt gãy này phân chia các khối nâng sụt làm cho sự phân dị bề dày trầm tích trong Kainozoi phức tạp thêm. Theo hướng từ đất liền ra biển bề dày trầm tích Kainozoi tăng liên tục, tuy nhiên trong Đệ tứ bề dày có sự phân dị: trong Pleistocen bề dày tăng liên tục nhưng trong Holocen bề dày tăng đạt 63m tại LK-TB30, sau đó

bề dày giảm cho đến bằng 0 tại khối nâng ven bờ. Bề mặt đáy Holocen có cấu tạo dạng bậc là kết quả hoạt động của các đứt gãy hệ ĐB - TN.

Các đứt gãy Sông Luộc, Ninh Bình - Hải Phòng, Thụy Anh - Đồ Sơn và đứt gãy ven bờ được vạch ra trên cơ sở nghiên cứu tài liệu lỗ khoan, bề dày trầm tích, bề mặt phong hóa và tài liệu địa vật lý.

Kết quả tương tác của hai hệ đứt gãy trong phong chung sụt lún 2mm/năm đã tạo nên những dị thường cục bộ, đó là các khối nâng phương các khối sụt địa phương.

b) Các đới kiến trúc

Vùng nghiên cứu là một phần nhỏ của trũng Hà Nội. Quá trình phát triển địa chất vùng nghiên cứu gắn liền với lịch sử phát triển trũng Hà Nội.

Trũng Hà Nội được hình thành trong giai đoạn Tân kiến tạo và đã trải qua 2 pha biến dạng cơ bản: pha sớm Oligocen-Miocen với đặc trưng trục nén ép σ_1 phương ĐB - TN và trục σ_3 phương á kinh tuyến. Các đứt gãy sâu phương TB - ĐN hoạt động theo cơ chế trượt bằng trái; pha muộn Pliocen-Đệ tứ với trục nén ép cực đại σ_1 phương á kinh tuyến và trục σ_3 phương ĐB - TN. Các đứt gãy sâu hoạt động theo cơ chế trượt bằng phải.

Các chuyển động kiến tạo khối tảng trong Holocen chịu sự chi phối của trường lực kiến tạo pha muộn. Căn cứ vào đặc điểm phát triển, vào bề dày trầm tích Holocen, trũng Hà Nội trong Holocen đã hình thành các khối kiến trúc sau:

- Các khối nâng (I)
- Các khối sụt yếu (II)
- Các khối sụt mạnh (III)

Các khối nâng

Ia. Khối nâng Đồ Sơn

Khối nằm ở phía đông bắc đứt gãy sâu Sông Lô. Khối nâng Đồ Sơn biểu hiện vận động nâng yếu trong Tân kiến tạo và tiếp tục vận động nâng trong Holocen. Các trầm tích Holocen hầu như vắng mặt, nếu có nhưng với bề dày mỏng. Khối được ngăn cách với trũng Hà Nội bằng đứt gãy sâu Sông Lô.

Ib. Khối nâng Yên Khánh

Khối nằm ở tây nam đứt gãy Ninh Bình, kéo dài theo hướng TB - ĐN. Trên khối này lộ một số dải đá gốc thuộc hệ tầng Cẩm Thủy (P_{2ct}), Cò Nòi (T_{1cn}) và Đồng giao ($T_{2đg}$). Ngoài ra bề mặt phong hóa hệ tầng Vĩnh Phúc lộ ra tạo thành dải hướng TB - ĐN. Khối này thuộc địa khối Tây Bắc nâng trong Tân kiến tạo và tiếp tục nâng trong Holocen.

Ic. Khối nâng ven bờ Hải Hậu

Khối nâng nằm cách bờ khoảng 15 đến 24 km, chạy theo hướng ĐB - TN với chiều rộng chừng 15 km. Khối nâng được hình thành trong Holocen. Trên bề mặt không có trầm tích Holocen. Bề mặt được cấu tạo từ sét loang lổ và kết von laterit là sản phẩm phong hóa của hệ tầng Vĩnh Phúc. Một vài chỗ trên bề mặt tích tụ ít cát và vụn sinh vật Khối được không chế bởi hai đứt gãy thuận.

Các khối sụt yếu

Ila. Khối bắc Sông Luộc

Khối được giới hạn bởi đứt gãy Sông Lô, Sông Luộc và Ninh Bình. Trong Holocen chuyển động sụt lún yếu. Tại đây bề dày trầm tích Holocen mỏng, tăng dần vào giữa khối ở đông nam, bề dày đạt 12 m.

Ilb. Khối Nghĩa Hưng

Khối nằm kẹp giữa đứt gãy Ninh Bình và Sông Hồng. Trong tân kiến tạo khối này với vận động nâng là chủ yếu. Trong Holocen so với khối bắc Sông Luộc, chuyển động sụt lún ở đây mạnh hơn. Bề dày trầm tích Holocen đạt trên 30m.

Ilc. Khối Vĩnh Bảo - Thái Thụy

Khối nằm trong giới hạn của đứt gãy Sông Lô, Vĩnh Ninh, Ninh Bình - Kiến An và Sông Luộc. Khối sụt lún mạnh trong tân kiến tạo và sụt yếu trong Holocen. Bề dày trầm tích đạt 27 - 28m.

II d. Khối ngoài khơi

Khối nằm ở phía đông nam, ở ngoài khối nâng ven bờ kéo dài theo hướng đông bắc. Trên mặt đáy chủ yếu là các trầm tích bờ rời Holocen sớm gồm cát, cát bùn và cát sạn. Các trầm tích cổ hơn đều bị phủ. Cách bờ 30-40 km, bồn trũng Đệ

tứ được mở rộng nhưng chiều dày giảm chỉ đạt 200m. Tiếp xa hơn, đáy Đệ tứ nâng cao ở phía tây và phía đông của đới ven biển Nga Sơn - Hải Phòng. Phía ngoài đới nâng, bề dày trầm tích Đệ tứ tăng lên, đạt tới 300-400m và trục bồn trũng chuyển hướng từ TB - ĐN sang á kinh tuyến. Còn bề dày trầm tích Holocen rất mỏng, đạt từ 0,25m đến dưới 2m.

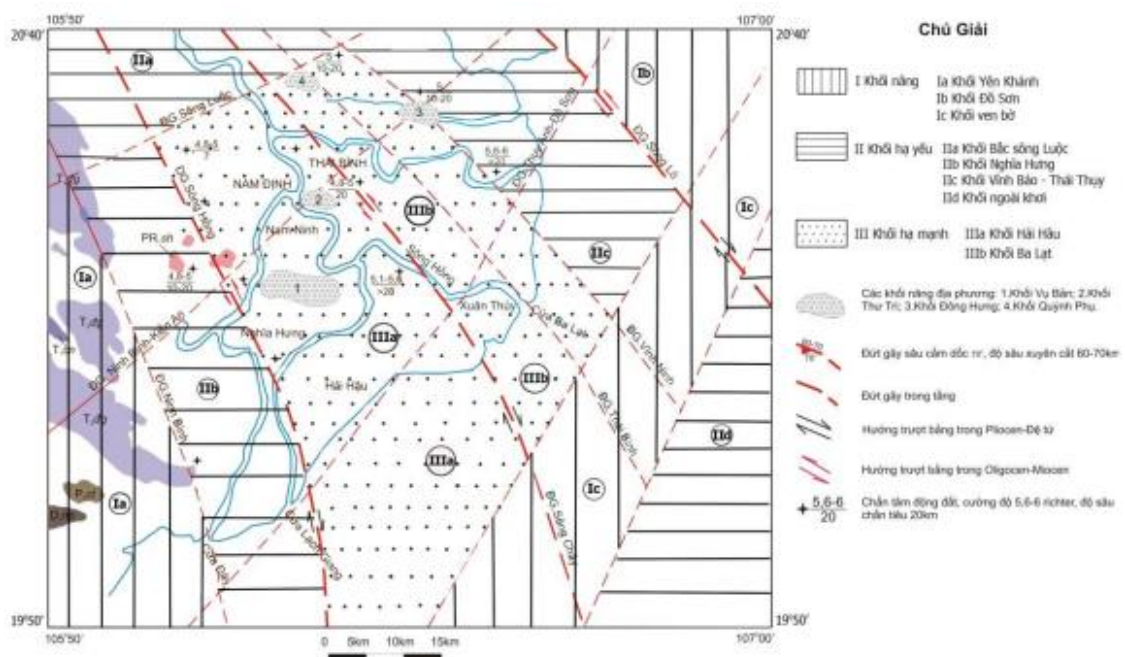
Các khối sụt mạnh

IIIa. Khối Hải Hậu

Khối được giới hạn bởi đứt gãy Sông Chảy ở đông bắc, đứt gãy Sông Hồng ở tây nam, đứt gãy Ninh Bình - Kiến An ở tây bắc và đứt gãy ngoài khơi ở đông nam. Chiều rộng của khối được mở rộng về đông nam. Trong Tân kiến tạo, vận động nâng là chủ yếu. Trong Holocen vận động nâng được thay bằng vận động hạ. Bề dày trầm tích đạt từ 39 đến 43m. Bề mặt đáy Holocen nghiêng về phía đông bắc.

IIIb. Khối Ba Lạt

Khối được giới hạn bởi các đứt gãy: Sông Chảy ở tây nam, Vĩnh Ninh ở ĐB, Ninh Bình - Kiến An ở tây bắc và đứt gãy ngoài khơi ở ĐN. Khối phát triển kế thừa trên khối sụt trong Tân kiến tạo. Khối sụt Ba Lạt có bề dày trầm tích lớn nhất, đạt 63m tại LK TB.30 (Vũ Nhật Thắng và nnk, 1996). Bề mặt đáy Holocen nghiêng về TN.



Hình 1. 4. Sơ đồ kiến tạo hiện đại cấu trúc trũng Sông Hồng (Trần Nghi, 2020)

Chương 2

CƠ SỞ TÀI LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Cơ sở tài liệu

Khu vực đới bờ từ cửa Ba Lạt đến cửa Đáy đã được nhiều nhà khoa học trong nước và quốc tế quan tâm nghiên cứu với lượng tài liệu, số liệu rất lớn bao gồm số liệu của phần đồng bằng châu thổ và phần ngập nước ven bờ cũng như phần thềm lục địa lân cận. Nguồn tài liệu chính của luận án gồm các số liệu mẫu phân tích đồng bộ của các lỗ khoan trên lục địa, các lỗ khoan biển và các tài liệu địa chấn nông phân giải cao,...

Nghiên cứu sinh trực tiếp thực hiện, xử lý các tài liệu, số liệu:

+ Trực tiếp thi công và phân tích chi tiết 30 lỗ khoan sâu trên lục địa và 10 lỗ khoan biển, thuộc Dự án “Điều tra, đánh giá đặc điểm cấu trúc địa chất, địa chất công trình, đề xuất các giải pháp khai thác, sử dụng lãnh thổ, phục vụ xây dựng và phát triển hạ tầng dải ven biển Việt Nam”

+ Thực hiện gia công phân tích mới 300 mẫu độ hạt; 10 mẫu soi nổi phân tích thành phần khoáng vật; 10 mẫu lát mỏng thạch học; 20 mẫu khoáng vật sét; 20 mẫu phân tích thành phần hóa silicat; 30 mẫu phân tích các chỉ tiêu địa hóa môi trường,.. tại phòng thí nghiệm Khoa Địa chất, trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội; 09 mẫu đồng vị phóng xạ ^{14}C bằng phương pháp AMS tại phòng thí nghiệm Direct AMS, Hoa Kỳ (Bảng 2.1).

Bảng 2. 1. Kết quả phân tích tuổi ^{14}C

STT	Ký hiệu	Số hiệu mẫu lab	Độ sâu (m)	Loại mẫu	Tuổi (cal yBP)
1	GAT.1/01	D-AMS 042871	20.15	Vỏ sò	530
2	GAT.1/02	D-AMS 042872	36.75	Vỏ sò	2.720
3	GAT.1/03	D-AMS 042873	47.16	Vỏ sò	10.910
4	GAT.1/04	D-AMS 042881	69.47	Vỏ sò	12.900
5	NĐ20.01	D-AMS 041130	14.5	Vỏ sò	2.600
6	NĐ20.01	D-AMS 041134	37.5	Thân cây	35.200
7	NĐ19.03	D-AMS 037535	9.5	Vỏ sò	361
8	NĐ19.03	D-AMS 037536	20.6	Vỏ sò	2.550
9	NĐ19.07	D-AMS 037537	16.0	Vỏ sò	800

+ Thực hiện và minh giải 22 mặt cắt địa chấn nông phân giải cao tại vùng biển ven bờ có độ sâu từ 0 đến -20m.

Các tài liệu thu thập:

+ Thu thập kết quả 700 mẫu độ hạt và 70 cột địa tầng lỗ khoan ven biển, bãi triều và trên đồng bằng do các Liên đoàn địa chất, Trung tâm Quy hoạch và Điều tra tài nguyên - môi trường biển khu vực phía bắc, Trường đại học Khoa học Tự nhiên thực hiện đã được tổng hợp và sử dụng.

+ 200km tuyến địa chấn nông phân giải cao thuộc Dự án: “Điều tra, đánh giá đặc điểm cấu trúc địa chất, địa chất công trình, đề xuất các giải pháp khai thác sử dụng lãnh thổ phục vụ xây dựng và phát triển hạ tầng dải ven biển Việt Nam” thực hiện năm 2017, 2018 và 2019.

+ Báo cáo tổng hợp Đề án đo vẽ lập bản đồ địa chất và khoáng sản nhóm tờ Thái Bình - Nam Định, tỷ lệ 1:50.000; (Vũ Nhật Thắng chủ biên, 1996).

+ Báo cáo tổng hợp Đề tài KT01-07 “Địa chất Độ tứ và đánh giá tiềm năng khoáng liên quan” (Nguyễn Dịch Dỹ chủ nhiệm, 1995).

+ Báo cáo tổng hợp Đề án “Điều tra địa chất và tìm kiếm khoáng sản rạn biển nông ven bờ Việt Nam (0-30m nước), tỷ lệ 1:500.000” (Nguyễn Biểu chủ nhiệm, 2011).

+ Báo cáo tổng hợp Đề tài KC.09/16-20 “Nghiên cứu diễn biến và dự báo xu thế biến động các địa hệ khu vực ven biển từ cửa Ba Lạt đến cửa Đáy từ Holocen đến nay” (Trần Nghi chủ nhiệm, 2020).

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Các phương pháp tiếp cận

+ Tiếp cận hệ thống: là nhìn nhận toàn bộ trầm tích giai đoạn Pleistocen muộn - Holocen là một hệ thống lớn, trong đó có các hệ thống nhỏ từ thấp đến cao được biểu hiện bởi hệ thống thành phần vật chất và quy luật phân bố, cộng sinh tương theo không gian và thời gian.

+ Tiếp cận tiến hóa: tiến hóa của trầm tích được thể hiện theo thành phần vật chất, tính chu kỳ và tính nhịp của trầm tích trong mối quan hệ với sự thay đổi mực nước biển và chuyển động kiến tạo.

+ Tiếp cận định lượng: nếu hai hướng tiếp cận hệ thống và tiến hóa như kim chỉ nam định hướng nghiên cứu thì tiếp cận định lượng là nội dung của việc dựa trên kết quả phân tích định lượng về hệ số trầm tích và các chỉ tiêu phân tích tương, ta có luận giải về cơ chế kiến tạo, địa động lực và môi trường lắng đọng của bể trầm tích.

2.2.2. Các phương pháp nghiên cứu

2.2.2.1. Phương pháp khoan và lấy mẫu

Sử dụng loại máy khoan XY-1A hoặc máy khoan có đặc tính kỹ thuật phù hợp để khoan chụp lấy mẫu toàn bộ lõi khoan (tỷ lệ lấy mẫu đạt 85-100%) và giữ nguyên dạng cấu tạo trầm tích. Phương pháp khoan giải quyết các nhiệm vụ sau:

+ Khoan lấy mẫu liên tục nhằm xác định các lớp (tầng) đánh dấu (có đặc điểm khác biệt với trầm tích nằm trên và nằm dưới), làm cơ sở cho xác định quan hệ địa tầng, khoanh định ranh giới không gian (theo diện và theo chiều sâu) giữa các đơn vị địa chất;

+ Lấy các loại mẫu phân tích độ hạt, vi cổ sinh, tảo và bào tử phấn hoa.

+ Lấy mẫu vật như mẫu vỏ sò thân mềm, nhím biển, mai cua, các mảnh gỗ phục vụ phân tích đồng vị cacbon ^{14}C , nhằm xác định tuổi địa chất.

+ Lấy mẫu phân tích các chỉ tiêu môi trường,...

2.2.2.2. Phương pháp nghiên cứu thành phần vật chất

- *Phân tích độ hạt*: sử dụng bộ rây và pipet xác định hàm lượng % các cấp hạt từ đó xây dựng biểu đồ tích lũy, biểu đồ phân bố độ hạt, tính các tham số Md , So , Sk .

Các thành tạo trầm tích được phân loại và gọi tên trên cơ sở phân trăm các cấp hạt theo phân loại theo thang Φ (Folk, 1935). Mẫu độ hạt được thực hiện tại phòng thí nghiệm Khoa Địa chất, trường Đại học Khoa Học Tự Nhiên, Đại học Quốc Gia Hà Nội và Viện Địa chất, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.

Kích thước hạt trung bình (Md) là thông số xác định môi trường trầm tích, khi $Md < 0,1\text{mm}$ (đặc biệt trong khoảng từ 0,001 đến 0,05mm) đặc trưng cho trầm tích bãi bồi, trầm tích hồ, đầm lầy. Độ chọn lọc (So) từ 1 đến 1,58: trầm tích có độ chọn lọc tốt, So từ 1,58 đến 2,15: trầm tích có độ chọn lọc trung bình, So từ 2,15 đến 3,0: trầm tích có độ chọn lọc kém và $So > 3,0$ trầm tích có độ chọn lọc rất kém; Hệ số bất đối xứng (Sk) > 1 : trầm tích có hạt nhỏ ưu thế, $Sk < 1$: trầm tích có hạt lớn ưu thế (Nghị, 2010; Trần Nghị, 2017).

Các thành tạo trầm tích được phân loại và gọi tên trên cơ sở phân trăm các cấp hạt theo phân loại của Folk, 1954.

- *Phân tích thạch học*: trầm tích có kích thước hạt từ 0,063 đến 2mm được gia công phục vụ phân tích, nghiên cứu thạch học - khoáng vật bằng kính hiển vi phân cực để xác định thành phần và hàm lượng khoáng vật tạo đá, khoáng vật nặng, khoáng vật tại sinh, tàn tích sinh vật,... Ngoài ra, các thông số hạt vụn cũng được mô tả hình dáng, kích thước, độ mài trong, độ chọn lọc,... Kết quả phân tích thành phần thạch học - khoáng vật là cơ sở phân loại, xác định điều kiện hình thành và phân chia tương trầm tích. Mẫu lát mỏng thạch học bỏ rời được thực hiện tại Khoa Địa chất, trường Đại học Khoa Học Tự Nhiên, Đại học Quốc Gia Hà Nội.

- *Thành phần khoáng vật sét*: phân tích thành phần khoáng vật trong mẫu tổng và thành phần khoáng vật trong phần sét bằng phương pháp nhiễu xạ tia X (XRD), sử dụng máy đo nhiễu xạ PANalytical. Máy đo có gắn bức xạ $\text{CuK}\alpha$ ở 45KV và 40mA, bước nhảy 0.0130/s. Thành phần và hàm lượng khoáng vật sét là chỉ thị có thể xác định môi trường lắng đọng trầm tích. Khoáng vật kaolinit và smectit là sản phẩm phong hoá hoá học, khoáng vật kaolinit hình thành trong điều kiện lục địa, điều kiện khí hậu nóng ẩm. Trong khi đó, sự có mặt của smectit thể hiện cho sự tồn tại môi trường kiềm, khí hậu khô nóng (Thamban M and Rao V.P, 2005),... Mẫu khoáng

vật sét được thực hiện tại Khoa Địa chất, trường Đại học Khoa Học Tự Nhiên, Đại học Quốc Gia Hà Nội.

- *Phân tích hóa - lý môi trường*: các chỉ tiêu địa hóa môi trường trầm tích bao gồm: pH, Eh, Kt, $\text{Fe}^{2+}\text{S}/\text{C}_{\text{org}}$, ... Trong đó chỉ số cation trao đổi (Kt) được tính theo công thức:

$$\text{Kt} = (\text{Na}^+ + \text{K}^+)/(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$$

Chỉ số $\text{Kt} < 0,5$ chỉ thị cho môi trường lục địa, Kt từ 0,5 đến 1,0 chỉ thị cho môi trường chuyển tiếp và $\text{Kt} > 1,0$ chỉ thị cho môi trường biển.

Chỉ số $\text{Fe}^{2+}\text{S}/\text{C}_{\text{org}}$ biểu thị tỷ số giữa hàm lượng sắt hóa trị hai trong sulfua với hàm lượng cacbon hữu cơ. Chỉ số $\text{Fe}^{2+}\text{S}/\text{C}_{\text{org}} < 0,06$ chỉ thị môi trường lục địa, chỉ số $\text{Fe}^{2+}\text{S}/\text{C}_{\text{org}}$ từ 0,06 đến 0,2 chỉ thị môi trường chuyển tiếp, chỉ số $\text{Fe}^{2+}\text{S}/\text{C}_{\text{org}} > 0,2$ chỉ thị cho môi trường biển. Các chỉ số pH và Eh trong môi trường đầm lầy đều có giá trị thấp, độ pH dao động từ 4 đến 6, Eh dao động từ -100 đến 10 - 20 mV.

Môi trường trầm tích đặc trưng bởi các chỉ số địa hoá môi trường: môi trường aluvi (cát lòng sông, sét hồ nước ngọt, sét bột bãi bồi) thường có độ pH $\leq 6,8$; Eh $\geq 100\text{mV}$; Kt (mgdl/100g) $< 0,5$. Môi trường đầm lầy có độ pH từ 2,0 đến 4,0; Eh < 0 ; C_{hc} = humic (rừng ngập mặn). Môi trường châu thổ (sét đồng bằng châu thổ, tiền châu thổ, sườn châu thổ, cát bãi triều, cát cồn chắn cửa sông) có độ pH từ 6,8 đến 7,5; Eh $> 100\text{mV}$; Kt từ 0,5 đến 1,0. Môi trường đầm lầy ven biển có độ pH từ 2,0 đến 5,0; Eh < 0 ; Kt từ 0,5 đến 1,0; C_{hc} = humic (rừng ngập mặn). Môi trường biển có độ pH $> 7,5$; Eh > 0 ; Kt $> 1,0$; C_{hc} = sapropen (rong tảo) (Nghị, 2010). Mẫu phân tích hoá - lý môi trường được thực hiện tại Viện Địa chất, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam và Viện Quy hoạch và Thiết kế Nông nghiệp.

2.2.2.3. Phương pháp phân tích cổ sinh

Trầm tích Pleistocen, trên - Holocen khu vực đới bờ châu thổ Sông Hồng chứa phong phú các nhóm vi cổ sinh như: diatomeae (khuê tảo), foraminifera (trùng lỗ), spore - pollen (bào tử - phấn hoa),... Các nhóm vi sinh vật này có ý nghĩa quan trọng trong việc định tuổi tương đối, môi trường thành tạo trầm tích chứa chúng cũng như xác định điều kiện cổ địa lý của khu vực.

- *Phân tích bào tử - phấn hoa*: bào tử - phấn hoa là một bộ phận sinh sản của thực vật. Chúng có thể được di chuyển nhờ gió hoặc nguồn nước và được bảo tồn tốt cùng trầm tích do có lớp vỏ mỏng bền vững với các tác nhân hóa học. Bào tử - phấn hoa là một trong các nhóm cổ sinh quan trọng trong việc nghiên cứu địa tầng cũng như môi trường trầm tích chứa chúng.

- *Phân tích tảo diatomeae*: tảo diatomeae sinh sống ở nhiều môi trường khác nhau, sống trôi nổi ở môi trường biển, môi trường nước ngọt và sống bám đáy tại các bồn trầm tích. Nghiên cứu tập hợp hoá thạch diatomeae cho phép khôi phục điều kiện cổ môi trường (A, 2007; Jiang et al., 2004) bởi sự phong phú về giống loài, khả năng bảo tồn tốt, các tổ hợp định lượng (Palmer and Abbott, 1986), đặc biệt chúng nhạy cảm với sự thay đổi của các yếu tố môi trường nước như độ muối, hàm lượng nitơ, photpho trong nước,... (R.W, 1986).

- *Phân tích foraminifera*: Dựa vào các hóa thạch của nhóm này có thể chia thành các đới foraminifera. Ngoài ý nghĩa về địa tầng, nhóm hóa thạch này còn có ý nghĩa rất lớn trong nghiên cứu môi trường thành tạo trầm tích.

2.2.2.4. Xác định tuổi tuyệt đối bằng phương pháp phân tích đồng vị ^{14}C

^{12}C là một đồng vị bền vững phổ biến của Carbon. ^{14}C được tạo ra liên tục trong khí quyển do có nhiều sự va đập của hạt neutron vào nhân của nguyên tử N biến thành ^{14}C trong vũ trụ, ^{14}C sau đó phân hủy trở lại thành ^{14}N . Vì ^{14}C liên tục được tạo ra và phân hủy theo một tốc độ không đổi nên tỷ số ^{14}C và ^{12}C trong khí quyển duy trì gần như không đổi. Như vậy các sinh vật khi còn sống chứa cùng một tỷ lệ $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$. Tuy nhiên, khi sinh vật chết, nó ngừng hấp thụ carbon mới. Do đó, hàm lượng ^{14}C trong di tích của sinh vật bắt đầu giảm bớt tính từ thời điểm chúng chết vì ^{14}C phân hủy. Vì vậy việc xác định tuổi ^{14}C được tính theo tỷ lệ $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ trong vật liệu hữu cơ. Theo thời gian, hàm lượng của ^{14}C giảm đều đặn. Sau khi sinh vật chết 50.000 năm, ^{14}C chỉ còn lại rất ít do đó việc xác định chúng rất khó khăn. Sau khoảng 70.000 năm, gần như toàn bộ ^{14}C đã bị phân hủy hết thành ^{14}N cho nên phương pháp ^{14}C không sử dụng được nữa.

Mẫu trầm tích được lấy từ các mảnh vỏ cacbonat và mùn thực vật trong trầm tích được xử lý và phân tích tại phòng Lab Direct AMS, Hoa Kỳ. Xử lý, hiệu chỉnh kết quả bằng phần mềm Calib Rev 8.1.0 đối với mẫu nguồn gốc biển hiệu chỉnh bằng Marine20 (Stuiver and Reimer, 2020), đối với mẫu lục địa hiệu chỉnh bằng IntCal20.

2.2.2.5. Phương pháp minh giải mặt cắt địa chấn nông phân giải cao

Minh giải địa chất từ các mặt cắt địa chấn nông phân giải cao do GS Trần Nghi đề nghị (2021), nội dung của phương pháp như sau:

- + Xác định đứt gãy: cấp đứt gãy, kiểu đứt gãy, tuổi đứt gãy.
- + Xác định ranh giới và tuổi các phức tập (sequences)
- + Xác định ranh giới các miền hệ thống (LST, TST, HST).
- + Phân tích tương và môi trường trầm tích từ trường sóng địa chấn.
- + Xác định công thức tích hợp giữa các phức hệ tương và miền hệ thống trầm tích.

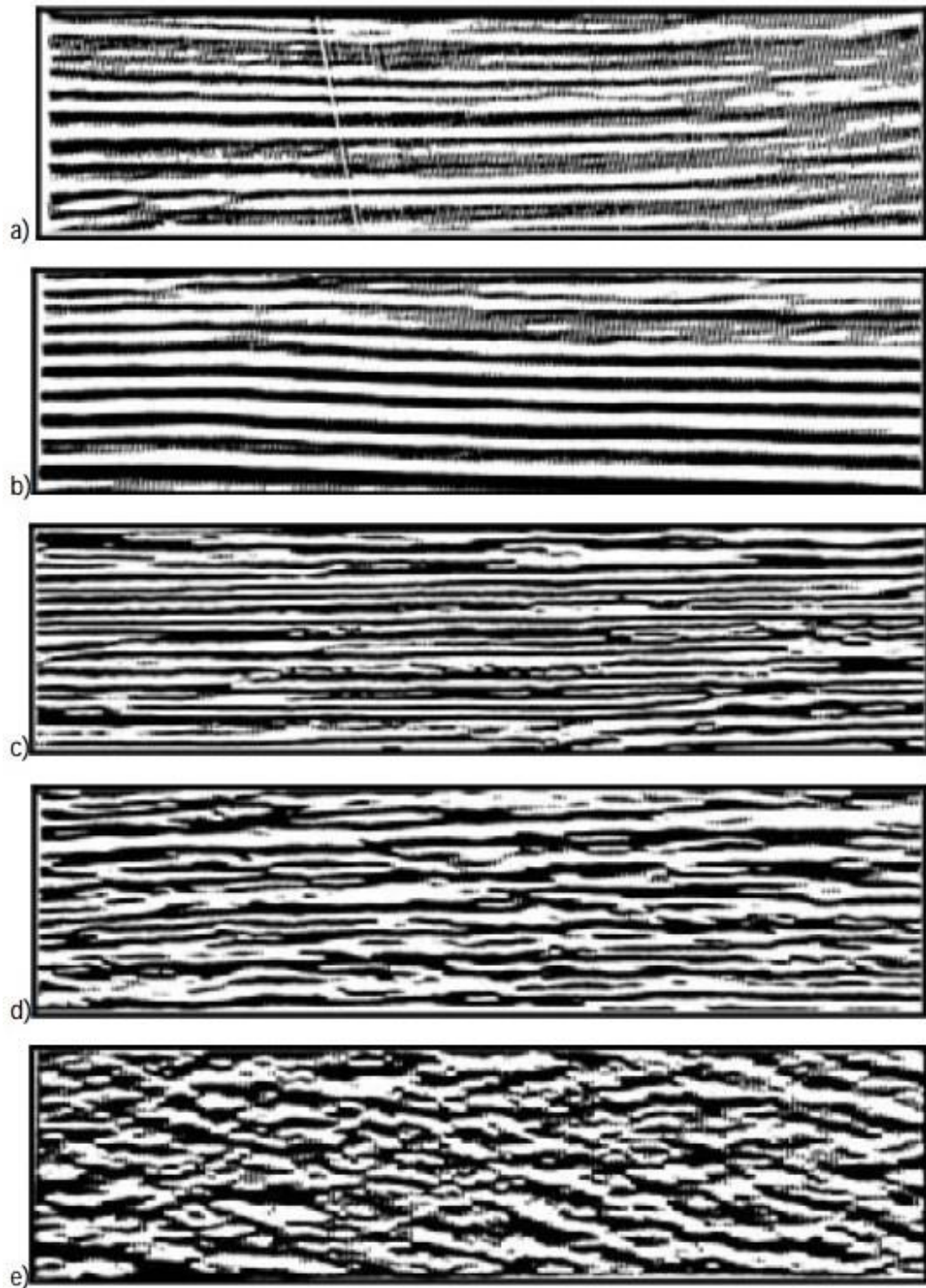
Các trường sóng hiển thị trên mặt cắt địa chấn nông phân giải cao là hình ảnh ghi lại cấu trúc địa chất, ranh giới giữa các phức tập, giữa các miền hệ thống và cấu tạo của các thể trầm tích đặc trưng cho các môi trường trầm tích khác nhau (Hình 2.2). Theo nguyên lý đó có thể xây dựng một quy trình minh giải đối với một mặt cắt địa chấn nông phân giải cao như sau:

- **Vạch ranh giới phức tập (sequences):** ranh giới phức tập là bề mặt gián đoạn trầm tích mang tính chất khu vực (SDB- Sedimentary Discontinuity Boundary). Trên mặt cắt địa chấn, ranh giới này là một đường đậm nét chạy xuyên suốt từ trái sang phải. Đó chính là ranh giới giữa phức hệ tương trầm tích biển thấp (LST), đáy của một phức tập trẻ hơn phủ trên bề mặt bào mòn cắt xẻ của phức hệ tương trầm tích biển cao (HST), nóc của một phức tập cổ hơn (nằm dưới) LST/HST.

- **Vạch ranh giới giữa các miền hệ thống trong mỗi phức tập**

Vạch ranh giới giữa miền hệ thống trầm tích biển tiến (TST) và miền hệ thống trầm tích biển thấp (LST). Ranh giới này là ranh giới giữa 2 phức hệ tương biển thoái (nằm dưới) và phức hệ biển tiến (nằm trên) (TST/LST). Ranh giới này còn gọi là bề mặt bào mòn biển tiến: **TS (Transgressive Surface)**.

Vạch ranh giới giữa miền hệ thống trầm tích biển tiến (TST) và miền hệ thống trầm tích biển cao (HST) (HST/TST). Ranh giới này còn gọi là bề mặt ngập lụt biển cực đại: **MMFS (Maximum Marine Flooding Surface)**.



Hình 2. 2. Các dạng phản xạ và tương trầm tích liên quan

a) Phản xạ liên tục, tần số thấp, biên độ thấp - trung bình: tướng cát bùn biển nông ven bờ có dòng chảy đáy, phân dị kém.

b) Phản xạ liên tục, tần số thấp, biên độ trung bình - cao: tướng bùn cát biển nông xa bờ, có dòng chảy đáy, phân dị tốt.

c) Phản xạ liên tục, tần số cao, biên độ cao: tướng bùn biển nông xa bờ, cấu tạo ngang song song, có dòng chảy đáy, năng lượng thấp.

d) Phản xạ không liên tục, tần số cao, biên độ cao: tướng bùn cát bãi triều, cấu tạo phân lớp xiên chéo do triều.

e) Phản xạ hỗn loạn, tần số thấp: tướng cát lòng sông, năng lượng cao, cấu tạo phân lớp xiên chéo.

Phân tích tướng trầm tích:

Trường sóng địa chấn đồng pha phản ánh tướng trầm tích khá chính xác:

Tướng cát bùn aluvi miền hệ thống trầm tích biển thấp (Sm arLST): trường sóng thô đứt đoạn có xu thế nghiêng về một hướng phản ánh tần số phản xạ thấp, môi trường năng lượng cao dòng chảy 1 chiều; tướng cát lòng sông có cấu tạo phân lớp xiên chéo đồng hướng (dưới) và phủ trên là trường sóng mịn hơn nằm ngang đứt đoạn thể hiện tướng bùn bãi bồi cấu tạo phân lớp xiên đứt đoạn.

Tướng bùn cát châu thổ ngầm miền hệ thống trầm tích biển cao (Ms amhHST): trường sóng có cấu tạo nôm tăng trưởng (downlap) biểu thị tướng bùn cát châu thổ ngầm dư thừa trầm trầm tích.

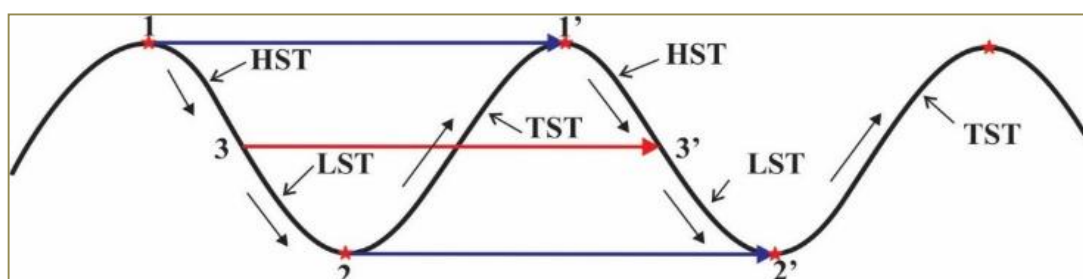
Tướng bùn cát biển nông miền hệ thống trầm tích biển tiến (Ms mtTST): Trường sóng mịn nằm ngang song song tần số phản xạ cao biểu thị trầm tích bùn cát lắng đọng trong môi trường biển nông năng lượng thấp có dòng chảy đáy và môi trường vững vịnh.

Tướng bùn cát bãi triều biển tiến thuộc miền hệ thống trầm tích biển tiến (MamtTST). Trường sóng thô mịn xen kẽ có cấu tạo phủ chòm định hướng (onlap) phản ánh trầm tích bùn xen bùn cát lắng đọng trong pha biển tiến.

2.2.2.6. Phương pháp địa tầng phân tập

Tương tự, trên cơ sở tiếp cận địa tầng phân tập từ quan điểm phân tích tương, Trần Nghi (2010) định nghĩa “*Địa tầng phân tập là sự sắp xếp có quy luật của các nhóm tướng hoặc phức hệ tướng trầm tích trong khung địa tầng theo không gian và thời gian trong mối quan hệ với sự thay đổi mực nước biển toàn cầu và chuyển động kiến tạo*”. Khái niệm này sẽ được sử dụng xuyên suốt trong luận án.

Dựa trên kinh nghiệm nghiên cứu trầm tích Đệ tứ và Đệ tứ muộn tại Việt Nam và đặc biệt các nghiên cứu gần đây về trầm tích Đệ tứ đồng bằng Sông Hồng, Trần Nghi (2018) đã đề xuất một mô hình địa tầng phân tập. Mô hình này là dựa trên đối sánh các phức tập với chu kỳ trầm tích lấy theo ranh giới 3-3' (Hình 2.3). Bởi Việt Nam có đặc trưng khí hậu vùng nhiệt đới nóng ẩm mưa nhiều, thuận lợi cho việc hình thành vỏ phong hóa triệt để, khi biển lùi trong thời gian dài vỏ phong hóa hình thành đánh dấu ranh giới dưới của miền hệ thống trầm tích biển thấp trùng với ranh giới tập SB. Bề mặt phong hóa loang lổ đã được khảo sát và tìm thấy trong các lỗ khoan trầm tích Đệ tứ ở khắp các đồng bằng tại Việt Nam và được xác định là ranh giới bất chỉnh hợp địa tầng trong các dự án điều tra địa chất tỷ lệ khác nhau. Vì vậy việc lựa chọn ranh giới 33' hoàn toàn thuận lợi cho việc xác định địa tầng khu vực. Nghiên cứu sinh đã lựa chọn mô hình này để áp dụng cho đối tượng trầm tích Pleistocen muộn - Holocen đới bờ đồng bằng Sông Hồng. Mục tiêu và nhiệm vụ của phương pháp địa tầng phân tập là phân chia và liên kết địa tầng trầm tích thành các tập, các miền hệ thống trầm tích và các phân tập sao cho ranh giới giữa chúng tiệm cận gần nhất với ranh giới thời địa tầng.



Hình 2. 3. Mô hình địa tầng phân tập của Trần Nghi (2018)

HST: Miền hệ thống biển cao.

TST: Miền hệ thống biển tiến.

LST: Miền hệ thống biển thấp.

- Kiểu 1: Chu kỳ 1-1'; HST---→LST---→TST

- Kiểu 2: Chu kỳ 2-2'; TST---→HST--→LST

- Kiểu 3: Chu kỳ 3-3'; LST--→TST---→HST

a. Miền hệ thống trầm tích biển thấp (*Lowstand system tract-LST*):

Hệ thống trầm tích biển thấp là các trầm tích được thành tạo từ khi mực nước biển ở vị trí trung bình giữa MNB cao nhất (HSL-highstand sea level) và thấp nhất (LSL-lowstand sea level). Khi biển thoái sẽ tạo ra các tướng trầm tích aluvi hạt thô phân bố từ trên xuống phần trong của thềm lục địa, tiếp đến là tướng cát bột sét châu thổ thềm ngoài và cuối cùng là tướng biển nông và tướng turbidit quạt chân sườn. Toàn bộ phức hệ trầm tích này thực chất là hệ thống trầm tích biển thoái bao gồm 3 đơn vị trầm tích cơ bản: aluvi, châu thổ trên thềm lục địa và quạt sườn turbidit.

Bề mặt bào mòn biển thấp hay còn gọi là mặt bào mòn cường bức (inced erosion) (lowstand erosion surface) là vị trí biển thoái cực tiểu bào mòn tầng trầm tích có trước để lại các dấu vết đào khoét của lòng sông cổ và làm phong hóa thấm động tầng trầm tích biển cao (HST) của giai đoạn trước.

b. Miền hệ thống trầm tích biển tiến (*Transgressive systems tract-TST*):

Miền hệ thống trầm tích biển tiến là phức hệ trầm tích được tích tụ trong quá trình biển tiến. Trầm tích có cấu tạo phủ chồng trên (onlap). Thành phần độ hạt theo mặt cắt từ dưới lên thay đổi từ thô đến mịn, ngược lại với kiểu mặt cắt biển thoái là có thành phần độ hạt biến thiên từ mịn đến thô. Tuy nhiên, đối với trầm tích aluvi một nhịp của trầm tích aluvi từ lòng sông đến bãi bồi tuy được thành tạo trong pha biển thoái song vẫn biến thiên độ hạt từ thô đến mịn. Vì không chịu điều tiết trực tiếp của môi trường biển mà là do điều tiết của năng lượng dòng chảy một chiều.

c. Miền hệ thống biển cao (*Highstand systems tract-HST*):

Hệ thống trầm tích biển cao là phức hệ trầm tích được hình thành khi mực nước biển chân tĩnh từ mức cao nhất (HSL-highstand sea level) rồi hạ thấp dần, tuy

nhiên do có quá trình lắng đọng trầm tích mà tốc độ lắng đọng vượt qua tốc độ dâng cao của mực nước biển chân tĩnh. Lúc đó mặt cắt trầm tích có sự phân dị độ hạt theo chiều thẳng đứng là dưới mịn trên thô, chủ yếu có cấu tạo nôm tăng trưởng thể hiện sự dư thừa lắng đọng trầm tích.

Mô hình địa tầng phân tập của Trần Nghi (2018) có những ưu việt sau:

+ Mô hình dựa trên chu kỳ các phức hệ tương trong mối quan hệ với chu kỳ thay đổi mực nước biển toàn cầu do ảnh hưởng của 5 chu kỳ băng hà/gian băng (G/G-M, M/M-R, R/R-W1, W1/W1-W2 và W2/biển tiến flandrian). Mô hình này áp dụng phù hợp với thực tế trầm tích Đệ tứ ở Việt Nam.

+ Mô hình không sử dụng đơn vị phân tập (parasequence) và nhóm phân tập (para sequences set) mà sử dụng 3 miền hệ thống LST, TST và HST được đặc trưng bởi 3 phức hệ tương (Sm aLST; Ms am, m TST và Ms am HST).

Phân tích địa tầng phân tập trên mặt cắt địa chấn

Phân tích địa tầng phân tập các mặt cắt địa chấn xuất phát từ phân tích địa chấn địa tầng các mặt cắt địa chấn. Các kiểu kết thúc phản xạ có thể liên kết được dễ dàng với sự thay đổi mực nước biển: quan hệ gá đáy trong thềm lục địa là đặc trưng cho hệ thống trầm tích biển tiến, quan hệ phủ đáy đặc trưng cho hệ thống trầm tích biển hạ và biển cao, quan hệ gá đáy về phía lục địa đồng thời với phủ đáy về phía biển đặc trưng cho hệ thống trầm tích biển thấp. Bề mặt bất chỉnh hợp thể hiện ranh giới tập được xác định nhờ việc nhận diện các kiểu kết thúc phản xạ dạng bào mòn cắt cụt, chống nóc, phủ đáy, gá đáy, đặc biệt là đào khoét lòng sông sâu tới hàng chục mét và mở rộng hàng km ra thềm lục địa. Độ phân giải của các mặt cắt địa chấn ít khi xác định được các phân tập riêng lẻ nhưng có thể xác định được các miền hệ thống trầm tích và các tập.

Phân tích địa tầng phân tập trong các thiết đồ địa vật lý giếng khoan

Phân tích địa tầng phân tập phải được bắt đầu bằng việc phân tích tương trong toàn bộ mặt cắt. Trong vết lộ hoặc các giếng khoan việc phân tích tương được hoàn tất bằng các nghiên cứu thạch học, cấu trúc và các đặc trưng cổ sinh trong mỗi lớp để xác định môi trường lắng đọng trầm tích của mỗi lớp.

Các bề mặt bất chỉnh hợp dễ dàng nhận thấy nhất là nóc của tầng trầm tích hạt mịn tương biển hoặc sông - biển màu sắc loang lổ và/hoặc đáy của tầng trầm tích hạt thô tương lòng sông thuộc miền hệ thống biển thấp (LST) bắt đầu một chu kỳ trầm tích. Sự chuyển tương và cộng sinh tương có thể được sử dụng để nhận biết các miền hệ thống trầm tích, các bề mặt trong tập.

Trong khoảng thời gian biển thoái thì trên lục địa hiện tại hình thành tương trầm tích sông (a) theo xu thế thô dần lên trong mặt cắt, trong khi trên thềm lục địa có sự chuyển tương từ m $\rightarrow$ am $\rightarrow$ a cũng theo xu thế thô dần lên tùy thuộc vào quy mô hạ thấp mực nước biển. Trầm tích tương sông phát hiện trên lục địa nếu có kích thước hạt càng lớn, bề dày càng mỏng thì chứng tỏ mực nước biển hạ càng thấp và nhanh. Ngược lại, nếu trầm tích tương sông càng dày, chứng tỏ mực nước biển hạ xuống thấp và chậm. Vị trí phân bố các tương trầm tích trên bình đồ thềm lục địa (hay sự chuyển tương theo không gian) phản ánh quy mô biển thoái và hạ thấp mực nước biển. Tương trầm tích sông bắt gặp càng xa về phía biển cho thấy mực nước hạ càng thấp và càng xa về phía biên và ngược lại. Bề dày trầm tích các tương mỏng, kích thước hạt thay đổi nhanh chứng tỏ tốc độ hạ thấp mực nước biển nhanh và ngược lại.

Trong thời gian biển tiến (hình thành TST) trong mặt cắt chuyển từ tương a $\rightarrow$ am $\rightarrow$ m ở cả trên thềm lục địa lẫn các đồng bằng ven biển hiện tại mặc dù sự chuyển tương trên các đồng bằng muộn hơn trên thềm lục địa. Quy mô và mức độ dâng cao mực nước biển cũng có thể nhận thấy nhờ bề dày trầm tích các tương hay sự thay đổi độ hạt theo suy luận như trên.

Trong giai đoạn hình thành HST trên lục địa hiện tại có sự chuyển tương m $\rightarrow$ am, còn trên thềm lục địa vẫn là tương biển (m) với kích thước hạt thô dần lên.

Trong thực tế, các mặt cắt địa chất không phải lúc nào cũng bảo tồn đầy đủ các tương trầm tích và nhận diện được sự chuyển tương một cách dễ dàng. Ví dụ, tương biển (m) của miền hệ thống biển tiến và biển cao cũng khó có thể phân biệt được nếu sự thay đổi độ hạt không rõ ràng. Các tương trầm tích thuộc HST có thể không được bảo tồn, nếu quá trình hạ thấp mực nước biển nhanh chúng sẽ bị bào mòn hết. Tương a và am thuộc TST cũng có thể bị bào mòn do biển tiến với tốc độ nhanh,

tốc độ cung cấp trầm tích thấp... Các tướng trầm tích có thể bị bóc mòn được tô màu trắng hoặc vàng.

Ngoài ra, nếu chỉ căn cứ vào thành phần trầm tích mà không phân tích sự chuyển tướng theo chiều song song với bờ thì sẽ dẫn đến những sai lầm nghiêm trọng. Ví dụ, chuyển từ tướng lòng sông hạt thô sang tướng bãi bồi hạt mịn có thể nhầm lẫn là trầm tích mịn dần lên trên do biển tiến.

2.2.2.7. Phương pháp phân tích tướng, xây dựng bản đồ tướng đá - cổ địa lý

Thuật ngữ "Tướng" (facies) lần đầu tiên đã được N.Steno (Đan Mạch) đưa vào trong văn liệu địa chất năm 1669. Hai thế kỷ sau nhà bác học Thụy Sĩ Gresli A. (1840) đã dùng khái niệm tướng với nhận thức giản đơn "Tướng trầm tích là các trầm tích cùng một tuổi nhưng thành tạo ở những nơi khác nhau trên vỏ Trái đất".

Dấu hiệu cơ bản để phân chia tướng là đặc điểm thành phần các thể trầm tích nghiên cứu. Vì vậy Vatzoevic (1948) cho rằng đã đến lúc phải phân chia các tướng thành tạo trên bề mặt vỏ Trái đất, đồng thời các tướng bị biến đổi sau quá trình lắng đọng trầm tích (tướng thành đá và hậu sinh), Pustovalop (1940) và Teodorovic (1957) cũng có quan điểm như vậy. Lịch sử nghiên cứu về tướng đã nảy sinh những nhận thức và quan niệm khác nhau, xong quan niệm tướng và định nghĩa của Rukhin là hoàn thiện và tổng quát nhất. Rukhin đã phát biểu tướng trầm tích như sau:

"Tướng là những trầm tích được thành tạo trong một vị trí nhất định có cùng những điều kiện khác với những vùng lân cận".

Chúng ta có thể coi định nghĩa của Rukhin là hoàn thiện và tổng quát cho mỗi trường hợp phân tích khác nhau của nhiều tác giả.

Định nghĩa này có 2 nội dung:

1) Trong một vị trí nhất định: có nghĩa là môi trường cổ địa lý hay hoàn cảnh lắng đọng trầm tích đặc trưng. Ví dụ: vị trí hồ khác với vị trí bãi bồi. Vị trí delta khác với vị trí biển nông,...

2) Có cùng các điều kiện nghĩa là mỗi vị trí trên có những đặc trưng riêng của nó về thành phần thạch học, cổ sinh và địa hoá.

Vì vậy, khi phân biệt tướng này với tướng kia là phải dựa vào thành phần trầm

tích và môi trường thành tạo nên thành phần trầm tích đó. Hai nhân tố đó liên hệ chặt chẽ và có sự thống nhất với nhau. Đó là quan hệ nhân quả: môi trường là nguyên nhân, còn thành phần trầm tích (đá, cổ sinh) là kết quả.

Như vậy hiểu đúng nghĩa khái niệm về tướng là bao hàm cổ địa lý. Nói cách khác nghiên cứu tướng đá và cổ địa lý là hai mặt của một vấn đề.

- *Cộng sinh tướng:*

“Cộng sinh tướng là qui luật phân bố các phức hệ tướng, nhóm tướng và tướng theo không gian và thời gian trong mối quan hệ với sự thay đổi MNB toàn cầu”.

Biến đổi tướng theo không gian và thời gian là một khái niệm tương đối và có tính chất quy ước. Ở đây chúng ta hiểu biến đổi tướng theo không gian là chuyển tướng theo chiều ngang. Ví dụ trong cùng một thời điểm địa chất có thể xảy ra thành tạo hàng loạt các phức hệ thạch học thuộc các tướng khác nhau: tướng proluvi, aluvi, delta, ven biển, biển nông,... Theo chiều hướng từ lục địa ra biển theo một con sông đã xuất hiện nhiều tướng với thành phần trầm tích thay đổi theo quy luật phân dị: cuội proluvi, cát - bột aluvi, bột - sét - delta, cát - bột - sét prodelta - bùn sét biển nông.

Như vậy trong khi thay đổi tướng theo không gian thì đã bao hàm thời gian trong đó. Song việc nhận ra tướng biến đổi theo thời gian trên bình đồ thì khó hình dung hơn là quan sát trên lát cắt, nghĩa là nhận biết sự biến thiên tướng đá theo thời gian ngắn là khó hơn trong một thời gian dài, đủ tạo nên các phức hệ trầm tích có bề dày từ 0,5m trở lên. Theo chiều thẳng đứng, các tướng trầm tích thay thế nhau có quy luật hay không là phụ thuộc vào chế độ chuyển động kiến tạo và cổ khí hậu. Nếu chuyển động kiến tạo theo kiểu dao động thì mặt cắt trầm tích sẽ có tính chất chu kỳ: thường xen kẽ nhau giữa biển tiến và biển lùi.

Cộng sinh tướng theo nghĩa hẹp là các kiểu trầm tích hay các phức hệ trầm tích đi cùng với nhau trong một bể nhưng khác nhau về môi trường và điều kiện thủy động lực lắng đọng trầm tích.

Dựa trên phân tích cộng sinh tướng ta có thể dễ dàng ngoại suy các tướng lân cận khi biết chính xác vị trí một tướng trầm tích nào đó và vị trí vùng xâm thực cung cấp vật liệu.

- *Phân loại tướng trầm tích:*

Theo định nghĩa của Rukhin thì tướng được đặc trưng bởi thành phần trầm tích và môi trường thành tạo nên trầm tích đó. Trong đó môi trường là nguyên nhân hình thành nên các phức hệ tướng khác nhau. Môi trường được đặc trưng bởi những điều kiện tự nhiên nhất định: Độ sâu, pH và Eh, thủy động lực, hình dáng bồn trũng,.... Những yếu tố trên không giống nhau ở những vị trí khác nhau trên vỏ trái đất. Chính vì sự khác nhau đó, Trần Nghi (2018) đã phân chia tướng trầm tích thành 3 cấp từ cao xuống thấp là: phức hệ tướng, nhóm tướng và tướng theo 3 môi trường cơ bản sau:

+ *Môi trường lục địa*

Môi trường này chuyển tướng nhanh theo thời gian và không gian vì chúng được thành tạo trong các môi trường có địa hình rất khác nhau, độ sâu bồn trũng nông, lại chịu nhiều quá trình bào mòn nên chúng được phân ra làm các phức hệ tướng:

- Phức hệ tướng dăm, tầng tàn tích (eluvi).
- Phức hệ tướng cuội, tầng deluvi và coluvi (sườn tích và rơi tích) .
- Phức hệ tướng cuội sạn cát proluvi (lũ tích).
- Phức hệ tướng cát bùn aluvi (tướng sông) gồm các nhóm tướng: cát bột lòng sông, bột sét bãi bồi và các tướng: cát lòng sông, cát bùn cồn sông, bùn bãi bồi aluvi, bùn hồ móng ngựa, bùn lạch thoát lũ, bùn bãi bồi.
- Phức hệ tướng hồ và phức hệ tướng đầm lầy.

+ *Môi trường chuyển tiếp*

Môi trường chuyển tiếp giữa biển và lục địa. bao gồm ba phức hệ tướng cơ bản: phức hệ tướng bùn cát châu thổ, phức hệ tướng bùn vũng vịnh trong đó có các nhóm tướng sau: nhóm tướng bùn cát ĐBCT, nhóm tướng bùn cát châu thổ ngầm, nhóm tướng cát cồn cát, nhóm tướng bùn cát vũng vịnh. Các tướng bao gồm: tướng cát giống cát, cát bùn ĐBCT cao, tướng bùn cát ĐBCT thấp, tướng bùn vịnh nông, tướng bùn lagoon, tướng cát đê cát ven bờ, tướng cát đụn cát do gió.

+ *Môi trường biển*

Phức hệ tướng biển có đặc điểm chung là phân bố rộng, bề dày lớn và ổn định. Sự biến đổi tướng theo không gian và thời gian không lớn bao gồm các nhóm tướng sau:

- Nhóm tướng cát bùn bãi triều ven biển thuộc đới thủy triều lên xuống
- Tướng bùn cát biển nông < 200m
- Tướng bùn biển sâu 200 - 3000m
- Tướng biển thẳm > 3000m

Nghiên cứu tướng đá - cổ địa lý ngoài việc xác định điều kiện tướng đá - cổ địa lý tại những thời điểm nhất định trong lịch sử phát triển địa chất. Trong những năm gần đây, kết hợp với phương pháp địa tầng phân tập khôi phục lại lịch sử phát triển trầm tích trong mối quan hệ với sự thay đổi mực nước biển đã đạt được những bước tiến đáng kể. Đây là đích đến cuối cùng trong trầm tích luận.

Bản đồ tướng đá cổ địa lý là tổng hợp hai yếu tố quan trọng gồm tướng đá và cổ địa lý. Tướng đá là các yếu tố về thạch học và môi trường trầm tích cổ. Còn cổ địa lý là các yếu tố phản ánh bức tranh của một bề trầm tích như: miền xâm thực và miền lắng đọng trầm tích. Bề trầm tích bao gồm các yếu tố: diện tích, hình dáng, độ sâu, đường bờ cổ, các dòng chảy cổ vận chuyển vật liệu trầm tích - chế độ hoá lý của môi trường (độ pH, Eh, Kt), vật chất hữu cơ, thế giới sinh vật và môi trường.

Chương 3

ĐẶC ĐIỂM TƯỚNG ĐÁ - CỔ ĐỊA LÝ GIAI ĐOẠN PLEISTOCEN MUỘN - HOLOCEN ĐỐI BỜ CHÂU THỔ SÔNG HỒNG

3.1. Đặc điểm tướng trầm tích Pleistocen trên - Holocen đới bờ châu thổ Sông Hồng

Tướng trầm tích đới bờ châu thổ Sông Hồng được xác định theo các giai đoạn tương ứng với sự dao động mực nước biển trên cơ sở tiếp cận địa tầng phân tập. Theo cách tiếp cận này, phức tập giai đoạn Pleistocen muộn - Holocen (Q_1^{3b} - Q_2) có 3 miền hệ thống trầm tích: Miền hệ thống trầm tích biển thấp (LST), miền hệ thống trầm tích biển tiến (TST), miền hệ thống trầm tích biển cao (HST) (Bảng 3.1).

Bảng 3. 1. Quan hệ tướng trầm tích với địa tầng phân tập đới bờ châu thổ Sông Hồng

Tuổi	Năm BP	Miền hệ thống	Tướng
Holocen muộn	5.000	HST (Q_2^{2-3})	1) Sét sườn châu thổ 2) Bột sét tiền châu thổ 3) Sét bột cát bãi triều 4) Cát cồn cát chắn cửa sông 5) Bùn cát đồng bằng châu thổ thấp 6) Cát cồn cát tàn dư 7) Bùn cát đồng bằng châu thổ cao
Holocen giữa			8) Cát lòng sông 9) Sét, bột sét bãi triều 10) Cát cồn cát chắn cửa sông 11) Cát bột sét tiền châu thổ 12) Sét bột chân châu thổ
Holocen sớm	18.000	TST (Q_1^{3b} - Q_2^1)	13) Bùn biển nông ven bờ 14) Bùn đầm lầy gian triều ven biển và cửa sông estuary 15) Bùn cát đồng bằng triều 16) Cát bùn đầm lầy ven biển
Pleistocen muộn			17) Bột sét đồng bằng ngập lụt 18) Cát sạn, cát lòng sông
	30.000	LST (Q_1^{3b})	19) Bột sét bãi bồi 20) Cát bãi ven lòng 21) Cát bãi giữa sông 22) Cát lòng sông

3.1.1. Nhóm tướng trầm tích thuộc miền hệ thống trầm tích biển thấp (LST Q_1^{3b})

Trong các lỗ khoan nghiên cứu, chưa có các mẫu phân tích tuổi tuyệt đối ^{14}C xác định trầm tích cho các tướng thuộc miền hệ thống trầm tích biển thấp (LST), chỉ xác định được chúng trên các mặt cắt địa chấn nông phân giải cao (Hình 3.1, 3.3, 4.5, 4.6, 4.7 và 4.8).

Tập địa chấn của các thành tạo trầm tích giai đoạn Pleistocen muộn, phần muộn (Q_1^{3b}) được đặc trưng bởi hai dạng phản xạ: 1) Phản xạ dạng xiên chéo, liên tục, biên độ phản xạ kém đến trung bình, tần số cao, phản ánh môi trường thành tạo sông - biển (am). 2) Dạng phản xạ thứ 2 có phần bên dưới đặc trưng bởi phản xạ dạng lấp đầy các dòng chảy, có biên độ phản xạ kém; phần trên được đặc trưng bởi các phản xạ dạng xiên chéo, biên độ phản xạ kém đến trung bình, tần số cao, phản ánh môi trường tích tụ aluvi.

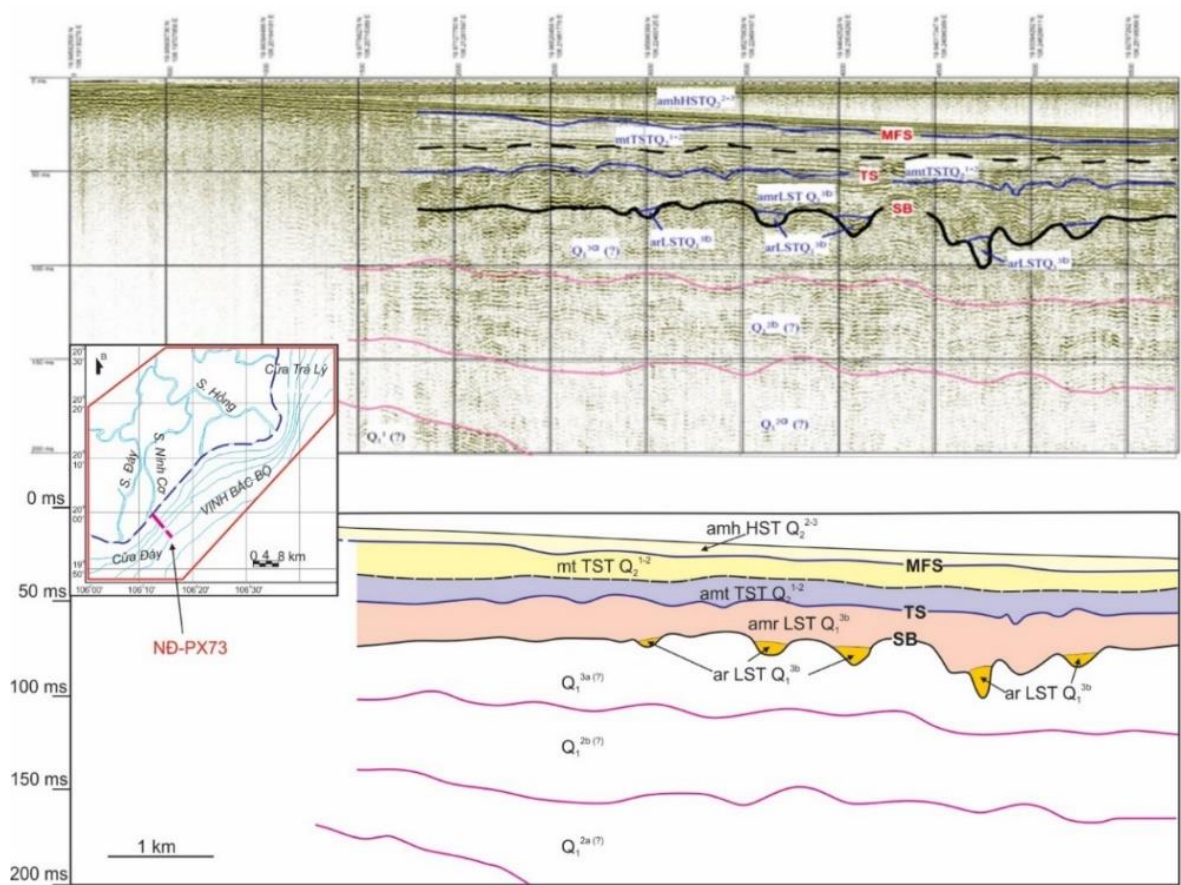
Trầm tích sông có tuổi Pleistocen muộn, phần muộn được thành tạo trong pha biển thoái thuộc miền hệ thống trầm tích biển thấp do ảnh hưởng của băng hà Wrum2 (30.000 - 18.000 năm BP). Các trầm tích sông này phân bố dọc theo các nhánh sông của hệ thống Sông Hồng cổ (Trần Nghi, 2017), gồm các tướng:

1) Tướng cát lòng sông (S ar LST Q_1^{3b}): Hàm lượng cát từ 60 - 80%, độ chọn lọc và mài tròn trung bình ($S_o = 1,6 - 2,2$; $R_o = 0,5 - 0,6$) (Trần Nghi, 2017).

2) Tướng cát bãi giữa sông (S arb LST Q_1^{3b}): Hàm lượng cát > 70%, độ chọn lọc và mài tròn trung bình đến tốt ($S_o = 1,3 - 1,8$; $R_o = 0,5 - 0,7$); hàm lượng thạch anh > 50% so với các mảnh vụn tha sinh (Q, F, R) (Trần Nghi, 2017).

3) Tướng cát bột bãi ven lòng (S arlv LST Q_1^{3b}): Hàm lượng cát > 70%, độ chọn lọc và mài tròn tốt ($S_o = 1,3 - 1,5$; $R_o = 0,5 - 0,8$) (Trần Nghi, 2017).

4) Tướng bột sét bãi bồi (S amr LST Q_1^{3b}): Hàm lượng cát < 30%, bột sét > 70%. Độ chọn lọc kém ($S_o > 3,0$) (Trần Nghi, 2017).



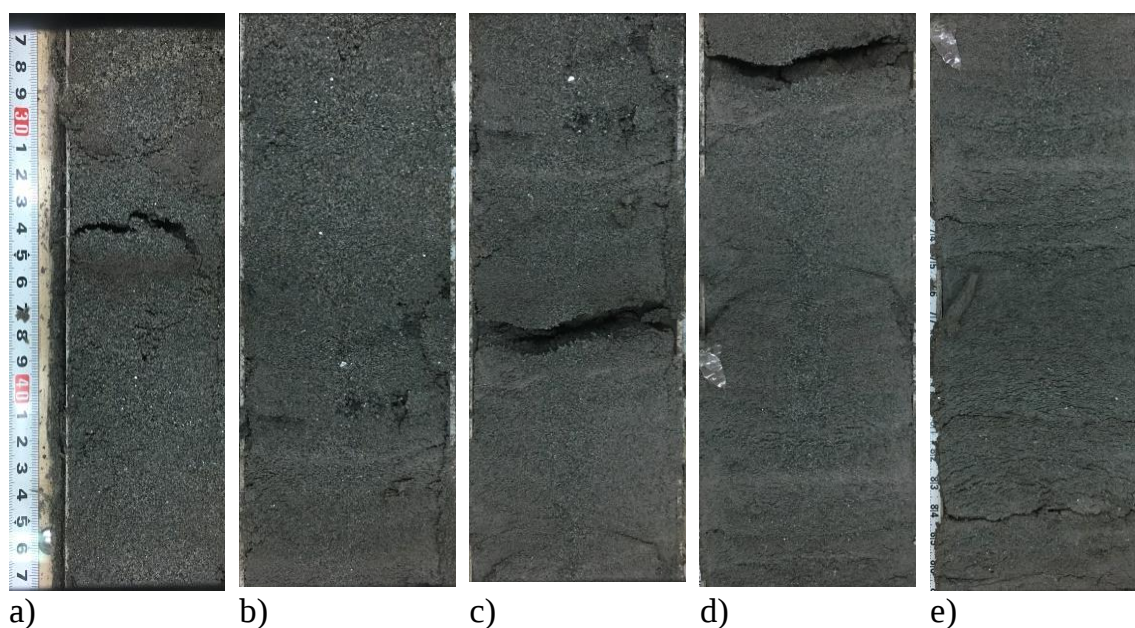
Hình 3. 1. Mặt cắt địa chấn nông phân giải cao tuyến ND-PX73

3.1.2. Nhóm tướng trầm tích thuộc miền hệ thống trầm tích biển tiến (Q_1^{3b} - Q_2 TST)

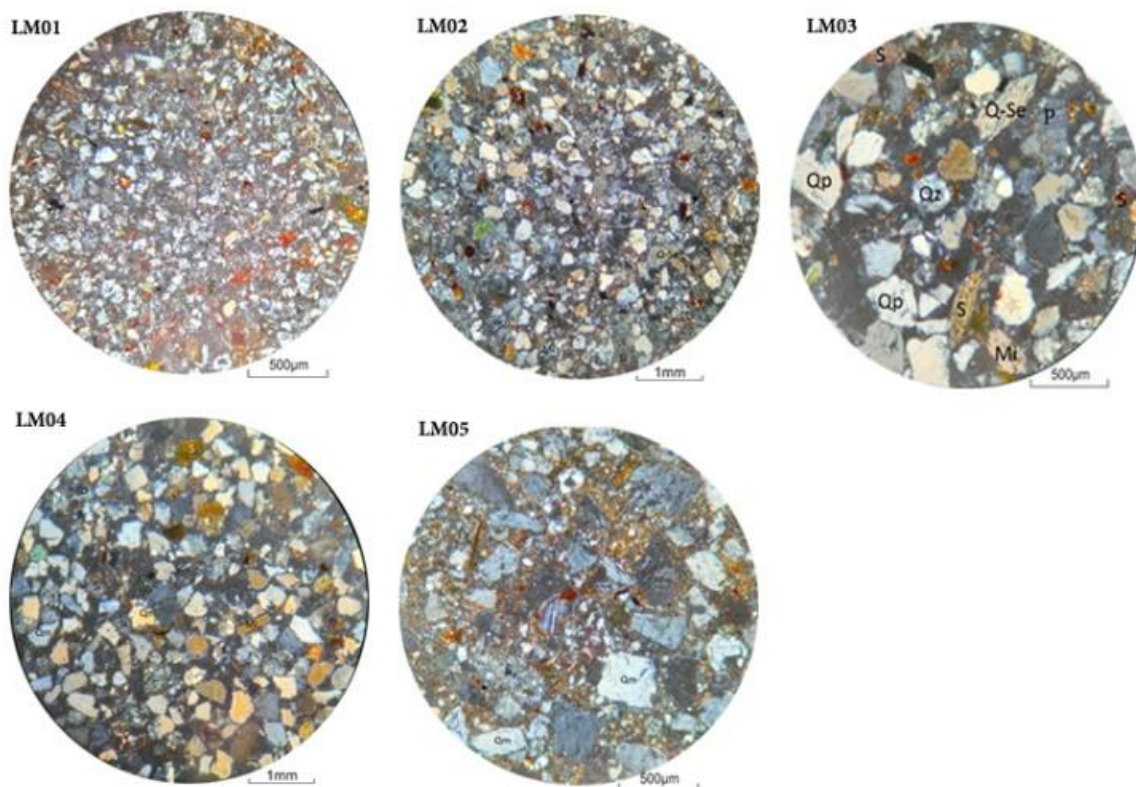
5) Tướng cát sạn, cát lòng sông (at TST Q_1^{3b})

Trầm tích cát sạn, cát lòng sông phân bố dọc theo đáy thung lũng cắt xẻ Độ tứ muện theo nhánh từ qua lỗ khoan ND-1 qua lỗ khoan GAT.1 ra cửa Ba Lạt hiện tại (Ngoc et al., 2023). Trầm tích cát sạn, cát lòng sông phân bố ở độ sâu 45 - 70m tại lỗ khoan ND-1, độ sâu 54,5 - 70m tại vị trí lỗ khoan GAT.1, với thành phần chủ yếu là cát thô, trung đến mịn chứa vảy mica ngoài ra có ít thành phần là bột sét và các vật liệu đi kèm như mùn thực vật. Trầm tích có kích thước hạt trung bình (Md) từ 0,1-0,35mm ở dưới độ hạt thô hơn, càng lên trên càng mịn hơn, độ chọn lọc từ trung bình đến tốt, cấu tạo phân lớp xiên chéo dạng dòng chảy. Đặc trưng chủ yếu là trầm tích có độ chọn lọc tốt, ngoài ra còn có những vật liệu trầm tích ở nhiều kích thước từ cuội

đến bột sét (Ngoc et al., 2023). Trầm tích lòng sông có xu hướng độ hạt thô ở gần lòng dẫn và độ hạt mịn ở xa lòng dẫn hoặc bên trên, như vậy theo mặt cắt có cấu tạo mịn dần từ dưới lên (grade bedding), cấu tạo này bắt gặp trong lỗ khoan từ 70m là hạt thô và mịn dần lên ở 55m. Trong trầm tích có thể gặp các mảnh gỗ, xương hoặc mảnh vật liệu khác (Richard, 1992), tại lỗ khoan gặp ở thực vật thân gỗ ở độ sâu 69,47m. Kết quả phân tích mẫu lát mỏng thạch học các mẫu ở độ sâu 69,8m, 66,7m, 63,7m, 59,7m, 55,7m thành phần khoáng vật chủ yếu là thạch anh, chiếm 50-75%, Fenspat 1-3%, Mica 3-7%, mảnh đá 15-32%, độ mài tròn từ trung bình đến khá, độ chọn lọc từ khá đến trung bình theo mặt cắt từ dưới lên (Ảnh 3.1, Ảnh 3.2). Kết quả phân tích tuổi tuyệt đối ^{14}C ở độ sâu 69,47 tại lỗ khoan GAT.1 cho tuổi là 12.900 năm cal BP. Kết quả phân tích tuổi các thành tạo cát sạn, cát lòng sông tại lỗ khoan ND-1 cho tuổi là 14.900 và 14.800 năm BP (Ngoc et al., 2023).



Ảnh 3. 1. Tường cát sạn, cát lòng sông TST tại lỗ khoan GAT.1, độ sâu 69m



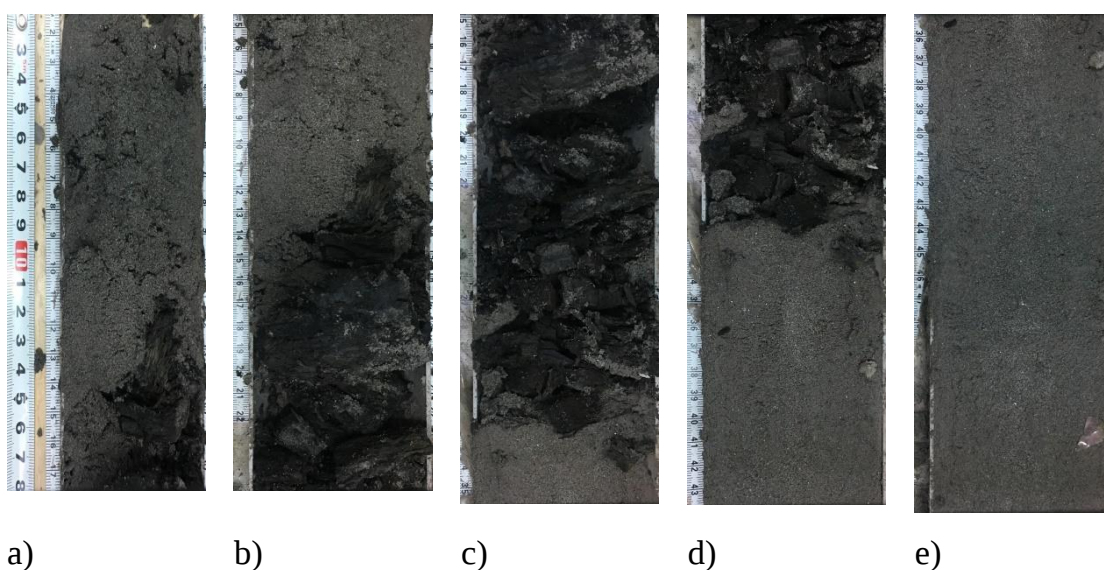
Ảnh 3. 2. Mẫu lát mỏng thạch học lỗ khoan GAT.1 (Tran Ngoc Dien et al., 2023).

LM01 (55,7m) - N^+ ; LM02 (59,7m) - N^+ ; LM03 (63,7m) - N^+ ;

LM04 (66,7m) - N^+ ; LM05 (69,8m) - N^+

6) Tương bột sét đồng bằng ngập lụt (at TSTQ₁^{3b})

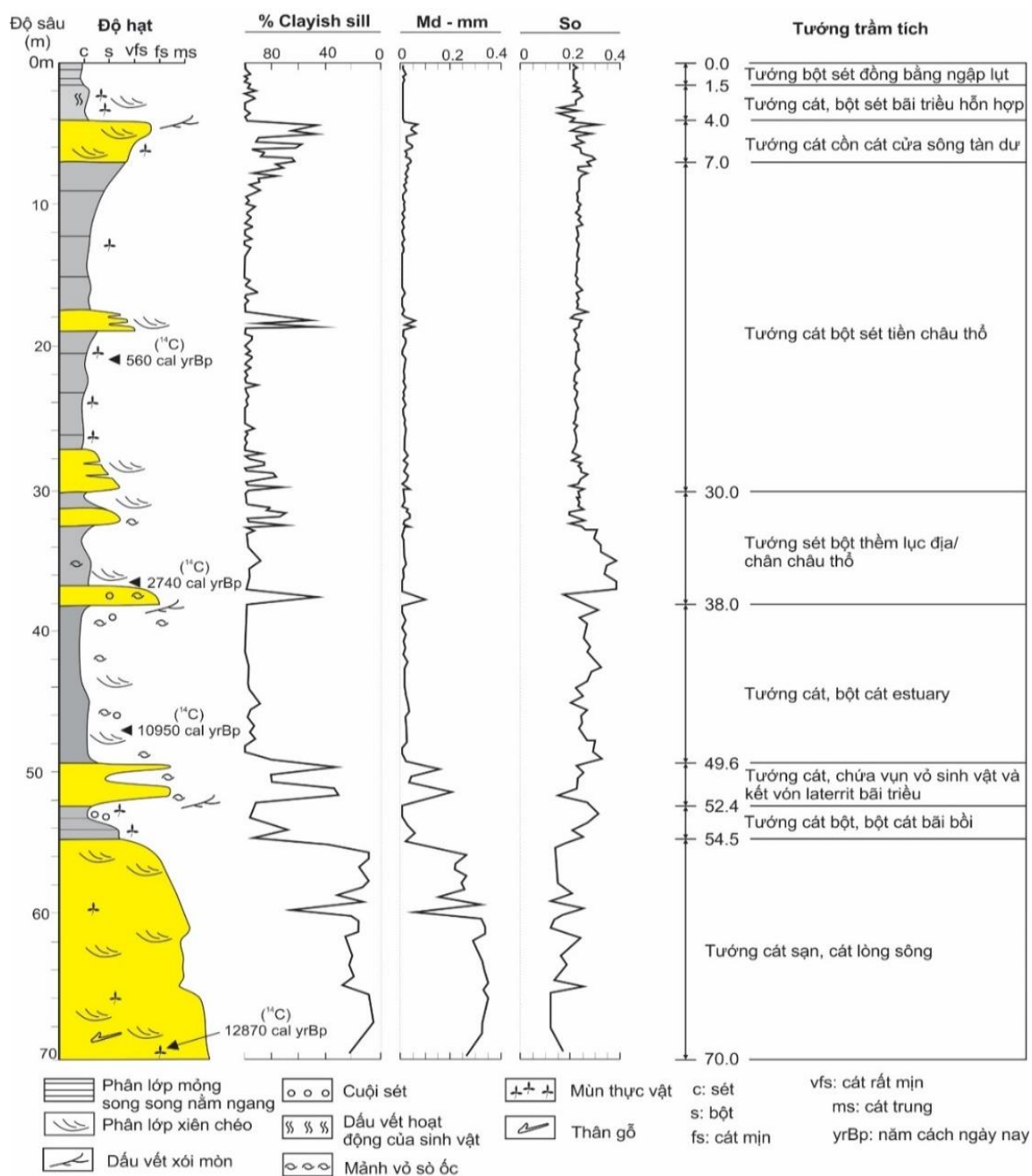
Trầm tích đồng bằng ngập lụt được thành tạo ở xa lòng dẫn khi nước lũ tràn bờ, thành phần đặc trưng bởi những trầm tích hạt mịn và giàu mùn thực vật. Tại lỗ khoan GAT.1 chúng phân bố ở độ sâu từ 52,4 - 54,5m và ở độ sâu 48,1 - 46,8m tại lỗ khoan ND-1, thành phần gồm bột sét màu nâu, độ hạt trung bình $Md < 0,05mm$, độ chọn lọc từ trung bình đến kém ($So = 1,5-3$), cấu trúc phân lớp ngang song song. Ở độ sâu 53,8-54m trầm tích có chứa nhiều cuội sét màu vàng, cứng, kích thước từ 0,5-1cm, nguồn gốc các cuội sét từ các vật liệu xói mòn được vận chuyển (có thể đến vài km) và lắng đọng bởi các trận lũ lụt. Mùn thực vật cũng xuất hiện nhiều, dưới dạng các đốm, ổ, rải rác trong trầm tích, kích thước từ vài mm đến 1cm, thậm chí có mảnh gỗ 2 cm gặp ở độ sâu 53,1m (Ảnh 3.3).



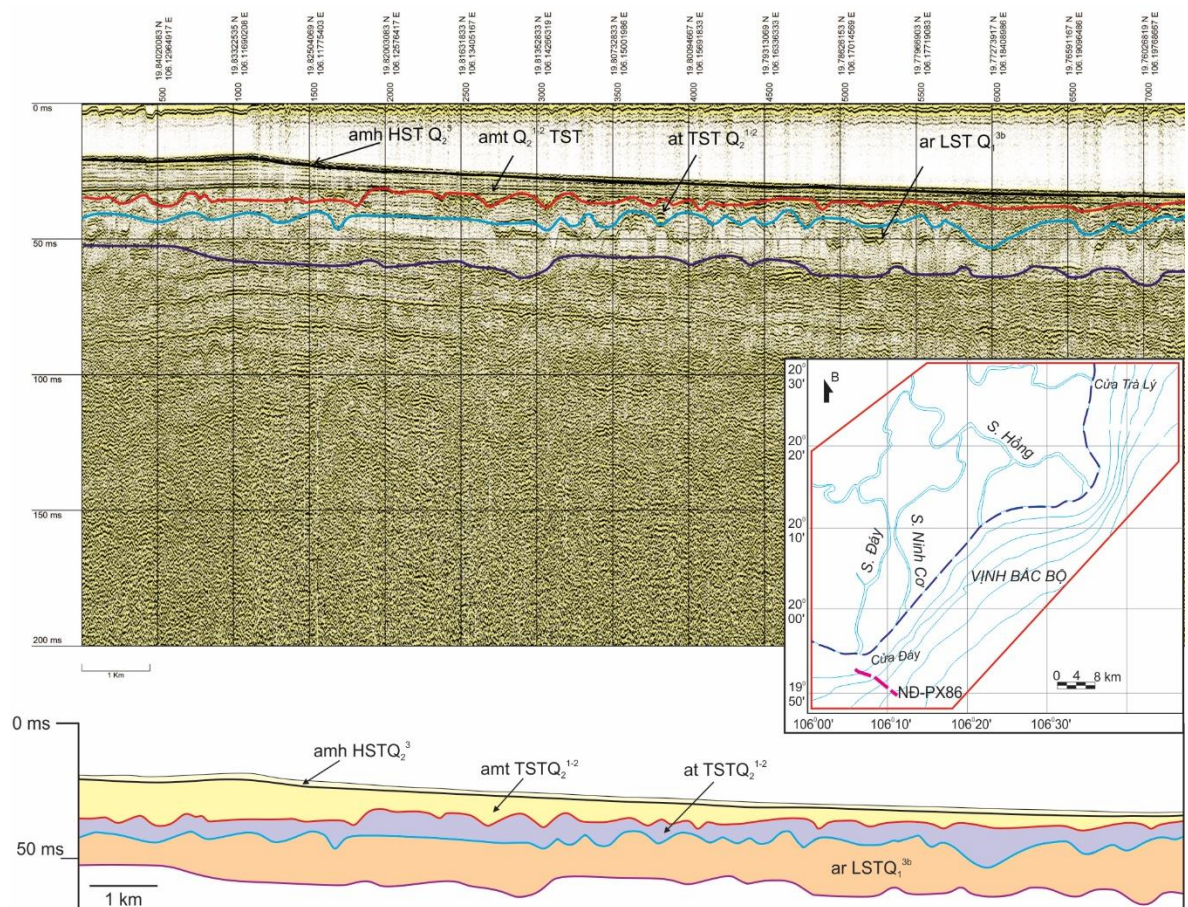
Ảnh 3. 3. Tường cát bột bãi bồi TST tại lỗ khoan GAT.1

7) Tường cát bùn đầm lầy ven biển (at TSTQ₁^{3b}-Q₂¹⁻²)

Trong giai đoạn đầu biển tiến Flandrian khi đường bờ còn nằm ngoài đường bờ hiện đại trong phạm vi đồng bằng Sông Hồng vẫn đang hoạt động của sông hình thành nhịp trầm tích cát bùn (at). Thành phần trầm tích đặc trưng là cát đa khoáng chủ yếu là cát thạch anh lithic, có độ chọn lọc và mài tròn kém ($So=2,5$; $Ro=0.3$). Trầm tích cát bùn phân bố ở độ sâu 20,5 - 45m tại lỗ khoan ND-1; 22,6 - 41,3m tại lỗ khoan DT, 23,8 - 29,4m tại lỗ khoan CC, 29,8 - 35m tại lỗ khoan VN, 34,5 - 45m tại lỗ khoan NB và 36,6 - 40,2m tại lỗ khoan GA (Tanabe et al., 2006). Theo chiều từ dưới lên trên thì đơn vị này lần lượt chứa sét và nhiều mảnh thực vật, cát chọn lọc tốt, cát chứa vỏ sò ốc đất mỏng trong lõi ND-1, cát - bùn - sét xen kẽ chứa nhiều mảnh thực vật trong lõi DT, bột bị xáo trộn sinh học trong lõi VN, bột bị xáo trộn sinh học và sét lát mỏng trong lõi NB, sét lát mỏng trong lõi GA. Kết quả định tuổi ¹⁴C trầm tích này từ 11.430 đến 9.210 năm BP (Tanabe et al., 2006).



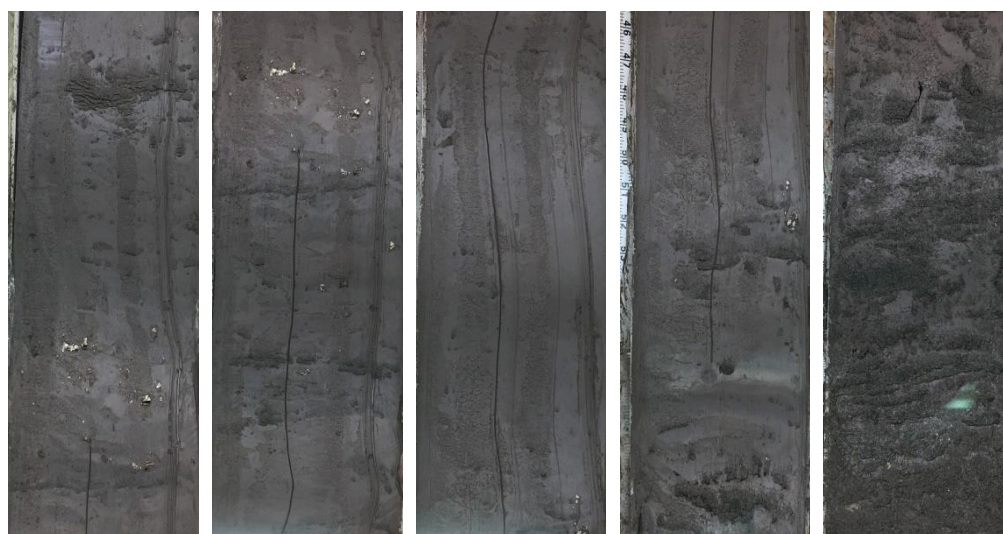
Hình 3. 2. Cột địa tầng tương trầm tích lỗ khoan GAT.1 (Tran Ngoc Dien et al., 2023)



Hình 3. 3. Mặt cắt địa chấn nông phân giải cao tuyến ND-PX86 khu vực cửa Đáy, thấy rõ 3 miền hệ thống (LST, TST, HST)

8) Tương bùn cát đồng bằng triều (am TSTQ₁^{3b}-Q₂¹⁻²)

Tại vị trí lỗ khoan GAT.1, trầm tích cát, chứa vụn vỏ sinh vật bãi triều phân bố từ 52,4m đến 49,6m (Ảnh 3.4). Thành phần chủ yếu là cát hạt mịn màu xám, kích thước hạt trung bình động từ 0,05 - 0,15mm, độ chọn lọc trung bình đến kém (So từ 1,5-2,5) có cấu tạo đặc trưng gồm các riềm cát mỏng sét bột trong tập cát (Flaser bedding). Cấu tạo Flaser bedding là cấu tạo bãi cát triều thuộc 1 trong 3 cấu tạo điển hình của các trầm tích thuộc đới gian triều. Trầm tích có chứa nhiều mảnh vỏ sinh vật, đặc biệt ở độ sâu 51,5m, các mảnh vỏ bị vỡ vụn, bảo tồn kém. Trầm tích không gặp hóa thạch Foraminifera. Tương cát, chứa vụn vỏ sinh vật và kết vón laterit bãi triều phủ trực tiếp trên bề mặt bào mòn biển tiến tạo nên một ranh giới chéo có tuổi từ 10.000 năm BP đến 8.000 năm BP phân bố ở độ sâu từ 47-24m.



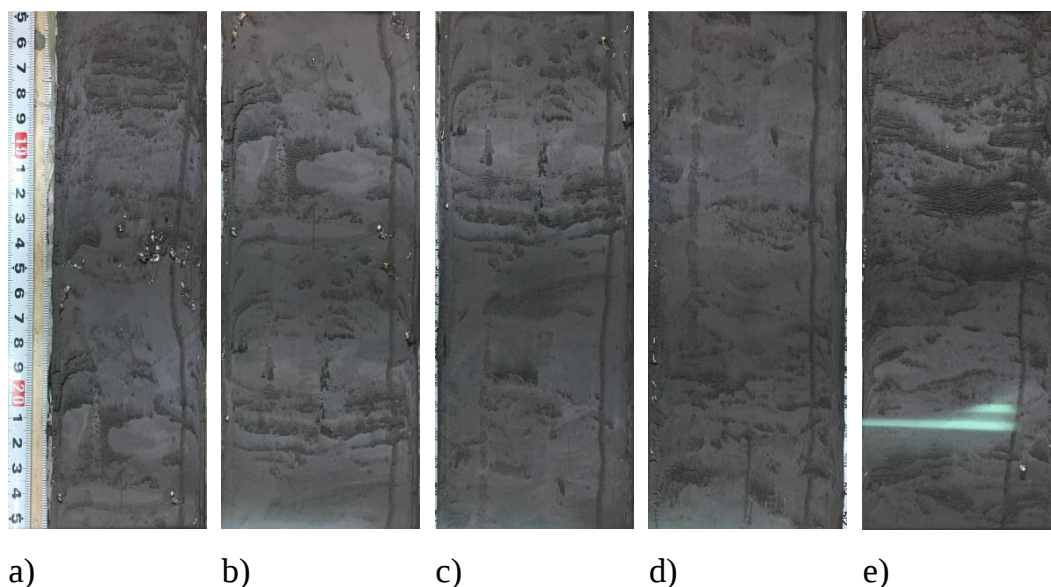
a) b) c) d) e)

Ảnh 3. 4. Trầm tích chứa vụn vỏ sinh vật ($amtQ_1^{3b}-Q_2^{1-2}$),
lỗ khoan GAT.1, độ sâu 49,6-52,4m

9) Tường bùn đầm lầy gian triều ven biển và cửa sông estuary ($am\ TSTQ_1^{3b}-Q_2^2$)

Sự khởi đầu hình thành vũng vịnh cửa sông cũng là thời điểm bắt đầu của quá trình biến tiến về phía đất liền. Trong suốt quá trình này có chút ít thay đổi về mặt địa mạo, và có sự dịch chuyển tướng về phía đất liền. Trầm tích vũng vịnh cửa sông khá phức tạp bởi sự tương tác giữa sông và biển. Mặc dù vậy theo mặt cắt chiều dọc, sự phân bố trầm tích có tính phân đới khá rõ ràng, ở phía cửa sông là các trầm tích hạt thô mang đến từ dòng chảy sông, ở phía cửa vịnh cũng là các trầm tích hạt thô của trầm tích ven bờ mang bởi sóng và dòng triều, ngược lại ở phần trung tâm vũng vịnh là các trầm tích hạt mịn có nguồn từ lục địa và biển mang đến bởi sông, sóng và thủy triều. Trầm tích bột sét cửa sông vũng vịnh (estuary) phân bố ở độ sâu từ 49,6 - 38m tại vị trí lỗ khoan GAT.1 (Ảnh 3.5), độ sâu 26,2 - 30m tại lỗ khoan DT, độ sâu 36 - 45m tại lỗ khoan ND-1 với thành phần chủ yếu là bột sét màu nâu, kích thước hạt trung bình dao động từ 0,02 - 0,04mm, độ chọn lọc kém (So từ 2 - 2,5m), hàm lượng bùn >50%, pH=7,0 - 7,5; độ chọn lọc kém ($So>3,5$). Trầm tích có cấu trúc phân lớp dày (massive) ngang song song, trong trầm tích chứa rất nhiều mảnh vỏ sò phân bố liên tục theo độ sâu theo tập hoặc theo điểm nằm rải rác ở 27 vị trí theo độ sâu, trung bình 31cm gặp vỏ sò, các mảnh vỏ có kích thước phổ biến từ 0,5-1cm, các cuội sét

do quá trình bào mòn bởi sóng và thủy triều cũng bắt gặp ở độ sâu 38,5m và 46,3m với kích thước khoảng 1cm. Phân tích 7 mẫu Foraminifera tại các độ sâu 38,5m; 39,5m; 40,5m; 43,1m; 44,9m; 46,7m và 48,5m, tuy nhiên không bắt gặp hóa thạch trong trầm tích. Kết quả phân tích tuổi tuyệt đối ^{14}C ở độ sâu 47,16m tại lỗ khoan GAT.1 cho tuổi là 10.910 năm cal BP.



Ảnh 3. 5. Tường cát, bột cát estuary ($\text{mtQ}_1^{3b}\text{-Q}_2^{1-2}$), lỗ khoan GAT.1, độ sâu 38-49,6m

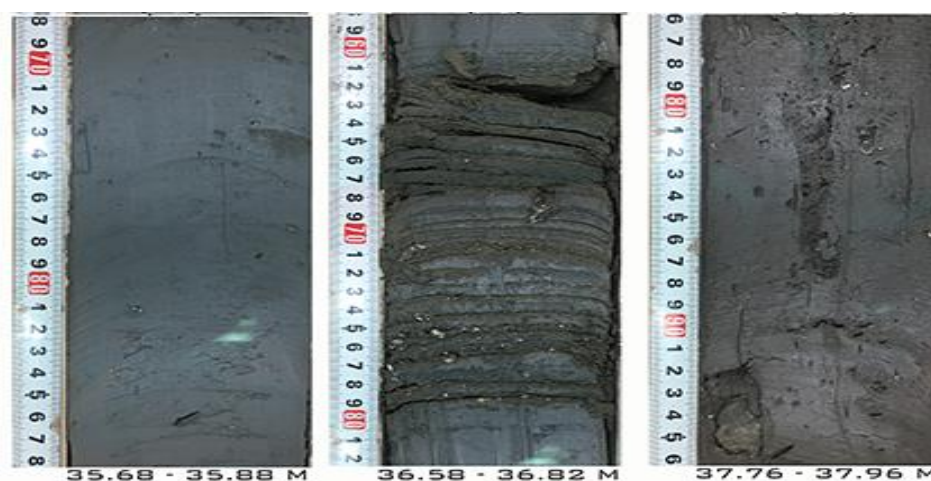
10) Tường bùn biển nông ven bờ ($\text{m TSTQ}_1^{3b}\text{-Q}_2^2$)

Vào cuối Holocen sớm, mực nước biển dâng lên nhanh chóng, đường bờ bị đẩy sâu vào trong đất liền, phần ngoài biển thuộc sườn và chân châu thổ hiện tại ngập trong biển cả. Các trầm tích bùn biển nông ven bờ phủ trực tiếp lên trên các trầm tích bãi triều, bãi triều estuary vũng vịnh trước đó. Trầm tích chủ yếu là bột sét màu nâu cấu tạo phân lớp dày, kích thước hạt trung bình từ 0,01 - 0,02mm, độ chọn lọc kém, So từ 2,1-2,3. Trầm tích hiếm gặp các hóa thạch mảnh vỏ, mùn thực vật phân hủy hoàn toàn.

3.1.3. Nhóm tướng trầm tích thuộc miền hệ thống trầm tích biển cao ($Q_2^{2-3}HST$)

11) Tướng sét bột chân châu thổ (m HSTQ₂²⁻³)

Tại lỗ khoan GAT.1, trầm tích sét bột chân châu thổ phân bố ở độ sâu từ 38 - 32m, thành phần trầm tích chủ yếu gồm sét bột màu xám xanh, nâu xám xen các tập trầm tích bào mòn gồm cát phân lớp mỏng chứa nhiều mảnh vỏ (Ảnh 3.6). Sét bột có kích thước hạt trung bình (Md) từ 0,02-0,03mm, độ chọn lọc rất kém So phổ biến từ 2,5 - 3,5 cấu trúc phân lớp dày. Các tập cát phân lớp mỏng song song có chứa nhiều mảnh vỏ gặp ở độ sâu từ 35,35 - 37,57m và độ sâu từ 36,6 - 36,8m. Kết quả phân tích tuổi tuyệt đối ¹⁴C ở độ sâu 36,75m cho tuổi là 2.720 cal BP. Trầm tích chứa phong phú và đa dạng hóa thạch Trùng lỗ, hóa thạch có kích thước lớn, tô điểm bề mặt rất rõ, một số loài điển hình sống ở biển nông tương đối xa bờ như *Pseudorotalia indopacifica*, *Textularia foliacea*, *Biggenerina nodosaria*,... Độ sâu từ 30m - 36m, hóa thạch Trùng lỗ bắt gặp ít đa dạng và phong phú hơn ở phần dưới (36-38m) nhưng vẫn là những loài điển hình cho môi trường biển nông ven bờ, tiêu biểu như *Hanzawaia nipponica*, *Cibicidoides wuellerstofi*, *Ammonia pauciloculata*, *Elphidium advenum*,... Có lẽ tại độ sâu từ 30-36m, sự thành tạo của chân châu thổ, ảnh hưởng của các trầm tích mang ra từ lục địa nên các giống loài Foraminifera giảm về độ phong phú và đa dạng.



Ảnh 3. 6. Sét bột màu nâu phân lớp dày (A); Cát phân lớp song song xen kẹp bột sét phân lớp mỏng (B); Sét xám xanh phân lớp dày (C)

Tại lỗ khoan NĐ19.03, trầm tích sét bột chân châu thổ phân bố độ sâu 12-4,8m cấu tạo phân lớp song song nằm ngang, đôi chỗ phân lớp nghiêng song song (Ảnh 3.6). Thành phần trầm tích gồm: cát chiếm 0,8-21,8%, bột chiếm 36,8-50,1%, sét chiếm 34,1-62,3%, giá trị (Md): 0,002-0,01mm; (So): 3,03-4,75; (Sk): 0,65-1,18. Trầm tích đôi chỗ có xen kẹp các tập cát mịn ở độ sâu 7,3-7,6m và 9,3-9,5m. Cát có chứa vảy mica, thành phần độ hạt gồm: cát mịn chiếm 62-66%, bột chiếm 19-22%, sét chiếm 14-18%, giá trị (Md): 0,070 đến 0,073mm; (So): 1,13-2,71; (Sk): 0,18-0,73. Hóa thạch Foraminifera phong phú và đa dạng, kích thước hóa thạch tương đối lớn tuy nhiên bảo tồn xấu, nhiều hóa thạch bị mài mòn, vỡ không còn nguyên vẹn, số lượng loài trong các mẫu khá nhiều 25-28 loài, chủ yếu là các loài *Textularia* sp., *Elphidium* sp., *Quinqueloculina* sp., loài *Rotalidium annectens*, *Cibicidoides wuellerstorfi*. Tại độ sâu 10,6-11m quan sát thấy sự giảm đột ngột về số lượng loài và bắt gặp tập hợp hóa thạch đặc trưng cho vùng cửa sông ven biển, đặc biệt là loài *Ammonia tepida*, sống phổ biến trong trầm tích vùng nước lợ (Debenay et al, 1998). Hóa thạch Diatomeae nghèo, tuy nhiên còn phong phú hơn so với các tập trầm tích thuộc các tầng khác trong lỗ khoan. Các giống loài phổ biến gặp trong trầm tích là *Cyclotella striata*, *Cyclotella stylorum*, *Rhizosolenia bergonii*, *Gomphonema longiceps*, *Paralia sulcata*. Kết quả phân tích tuổi ^{14}C mảnh vỏ sò tại lỗ khoan NĐ19.03 ở độ sâu 9,5m cho tuổi là 361 năm cal BP.



Ảnh 3. 7. Mẫu lõi khoan NĐ19.03/5,0 - 5,19m

12) Tầng cát bột sét tiền châu thổ (m HSTQ₂²⁻³)

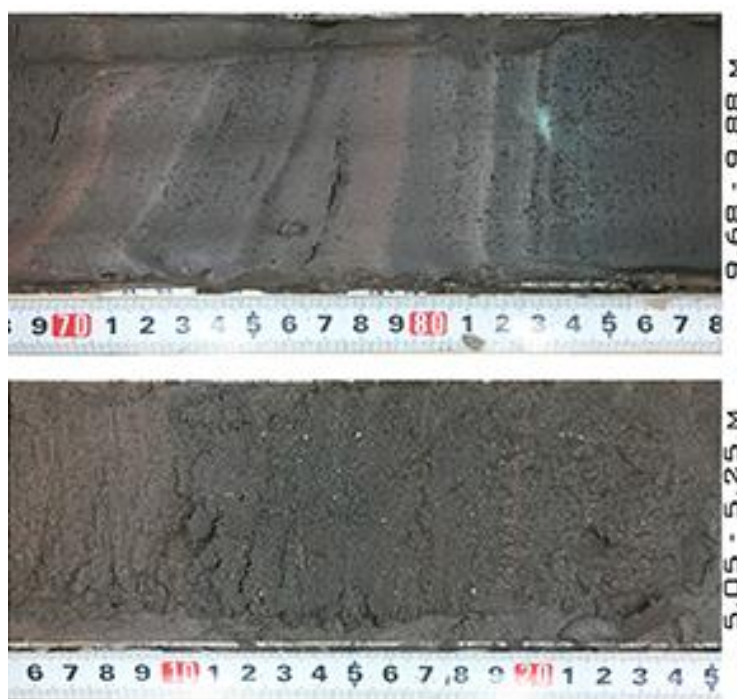
Phân bố ở độ sâu từ 30-11m tại vị trí lỗ khoan GAT.1, thành phần chủ yếu là bột sét màu nâu phân lớp dày và các tập cát mịn phân lớp song song, gợn sóng, xiên chéo (Ảnh 3.8). Bột sét có kích thước độ hạt trung bình từ 0,02-0,04mm, độ chọn lọc kém So từ 2,2-2,4. Trầm tích có kích thước hạt trung bình 0,06-0,07mm, độ chọn lọc kém So từ 2,3-2,6. Trong mặt cắt, xu thế độ hạt thô dần từ dưới lên. Trầm tích hiếm gặp các mảnh vỏ do điều kiện động lực mạnh do sóng và thủy triều. Kết quả phân tích tuổi tuyệt đối ¹⁴C tại lỗ khoan GAT.1 ở độ sâu 20,15m cho tuổi 530 năm cal BP. Sự phát triển của tiền châu thổ, nguồn vật liệu dồi dào từ lục địa mang ra qua cửa sông, ảnh hưởng nhiều đến môi trường sống đối với các giống loài Foraminifera do vảy hóa thạch Foraminifera thay đổi theo từng tập. Trầm tích có chứa nhiều hóa thạch ở các độ sâu từ 24 - 27,6m; 21 - 22m; 18 - 20m với các loài VCS đặc trưng sống ở vùng biển nông như *Rotalidium annectens*, *Ammonia Rolshauseni*, *Cibicidoides lobatulus*, *Ammonia pauciloculata*, ... xen kẽ với các tập trầm tích không có hoặc rất hiếm hóa thạch ở các độ sâu từ 27,6 - 30m; 22 - 24m; 20 - 21m; 7 - 18m với một số loài VCS vỏ cát đặc trưng cho vùng bãi triều ven biển, tiêu biểu như *Haplophragmoides* sp. và một số loài vỏ vôi bám đáy như *Ammonia* sp., *Quinqueloculina* sp..



Ảnh 3. 8. Cát mịn phân lớp song song gợn sóng (A); Bột sét phân lớp dày (B); Bột sét xen kẽ cát mịn phân lớp mỏng song song, xiên chéo, gợn sóng (C)

13) Tầng cát còn cát chắn cửa sông (a HSTQ₂²⁻³)

Phân bố ở độ sâu từ 4 - 11m tại lỗ khoan GAT.1, thành phần chủ yếu là cát chứa bột sét, hàm lượng cát tăng và thô dần từ dưới lên, kích thước hạt trung bình Md từ 0,03-0,08mm, độ chọn lọc kém, So từ 2-3,3. Phần trên của còn chắn thành phần chủ yếu là cát có chứa nhiều vảy mica. Trầm tích có cấu tạo phân lớp song song, xiên chéo (Ảnh 3.9). Trầm tích nghèo hóa thạch Trùng lỗ cả về số lượng cá thể và thành phần giống loài, kích thước hóa thạch nhỏ, rất nhỏ, tường vỏ mỏng, dễ vỡ. Chỉ bắt gặp 3 loài *Quinqueloculina* sp.; *Ammonia tepida*; *Ammonia* sp. đặc trưng cho môi trường cửa sông, bãi triều ven biển.



Ảnh 3. 9. Cát bột phân lớp song song, xiên chéo (A);
Cát mịn phân lớp song song (B)

14) Tầng sét, bột sét bãi triều (am HSTQ₂²⁻³)

Phân bố ở độ sâu từ 4 - 1,5m tại lỗ khoan GAT.1, thành phần chủ yếu là cát mịn và bột sét màu nâu, nâu xám có chứa mùn thực vật, cấu tạo phân lớp xiên chéo mỏng nằm xen kẽ, kích thước hạt trung bình Md từ 0,01 - 0,03mm, độ chọn lọc So từ 1,5 - 2,5. Trầm tích có nhiều dấu vết hoạt động của sinh vật, rễ cây và các ổ mùn

sét (Ảnh 3.10). Trầm tích nghèo hóa thạch Trùng lỗ, về thành phần phân loại (4 loài), nhưng một số loài mang tính vượt trội về số lượng cá thể. Điển hình là loài *Ammonia tepida* - thích nghi với môi trường nước lợ, vùng bãi triều ven biển.



Ảnh 3. 10. Cát mịn, bột sét phân lớp song song chứa mùn thực vật

15) Tầng cát lòng sông hiện đại (a HSTQ₂²⁻³)

Tầng cát lòng sông phân bố dọc theo các nhánh sông của hệ thống Sông Hồng hiện đại (Hình 3.4). Trầm tích cát lòng sông là các thành tạo cát thô, thường gặp cả các mảnh thân cây, vỏ cây, các mảnh vỏ động vật thân mềm. Trầm tích có màu vàng nhạt, cấu tạo phân lớp xiên đồng hướng. Hàm lượng cát từ 70,4 đến 80,1%, bột sét từ 19,9 đến 29,5%; độ mài tròn và chọn lọc (So) từ 1,7 đến 3,2; kích thước hạt trung bình (Md) từ 0,15 đến 0,45mm. Cát có hàm lượng thạch anh từ 65 đến 80%, mảnh đá từ 15 đến 20%. Trầm tích nghèo di tích sinh vật, nếu có chỉ là các mảnh vụn mollusca nước ngọt. Khi lòng sông bị bỏ, các vật liệu mịn hơn sẽ phủ lên tạo nên nhịp trầm tích mịn dần từ dưới lên.

16) Tầng bùn cát đồng bằng châu thổ cao (am HSTQ₂²⁻³)

Trầm tích bùn cát đồng bằng châu thổ cao phân bố trên bề mặt tạo nên một địa hình bằng phẳng nghiêng thoải về phía biển. Phía ngoài bãi bồi được tích tụ bởi tầng bột sét bãi bồi đồng bằng châu thổ phân bố trên bề mặt tạo nên một địa hình bằng phẳng nghiêng thoải về phía biển (Hình 3.4). Tầng này có hàm lượng bột sét chiếm trên 70%, độ chọn lọc kém (So>3,5). Mức địa hình này có độ cao từ 2-3m so với mực nước biển hiện đại vì vậy không bị ngập lụt biển vào mùa nước dâng.

17) Tượng cát cồn cát tàn dư (a HSTQ₂²⁻³)

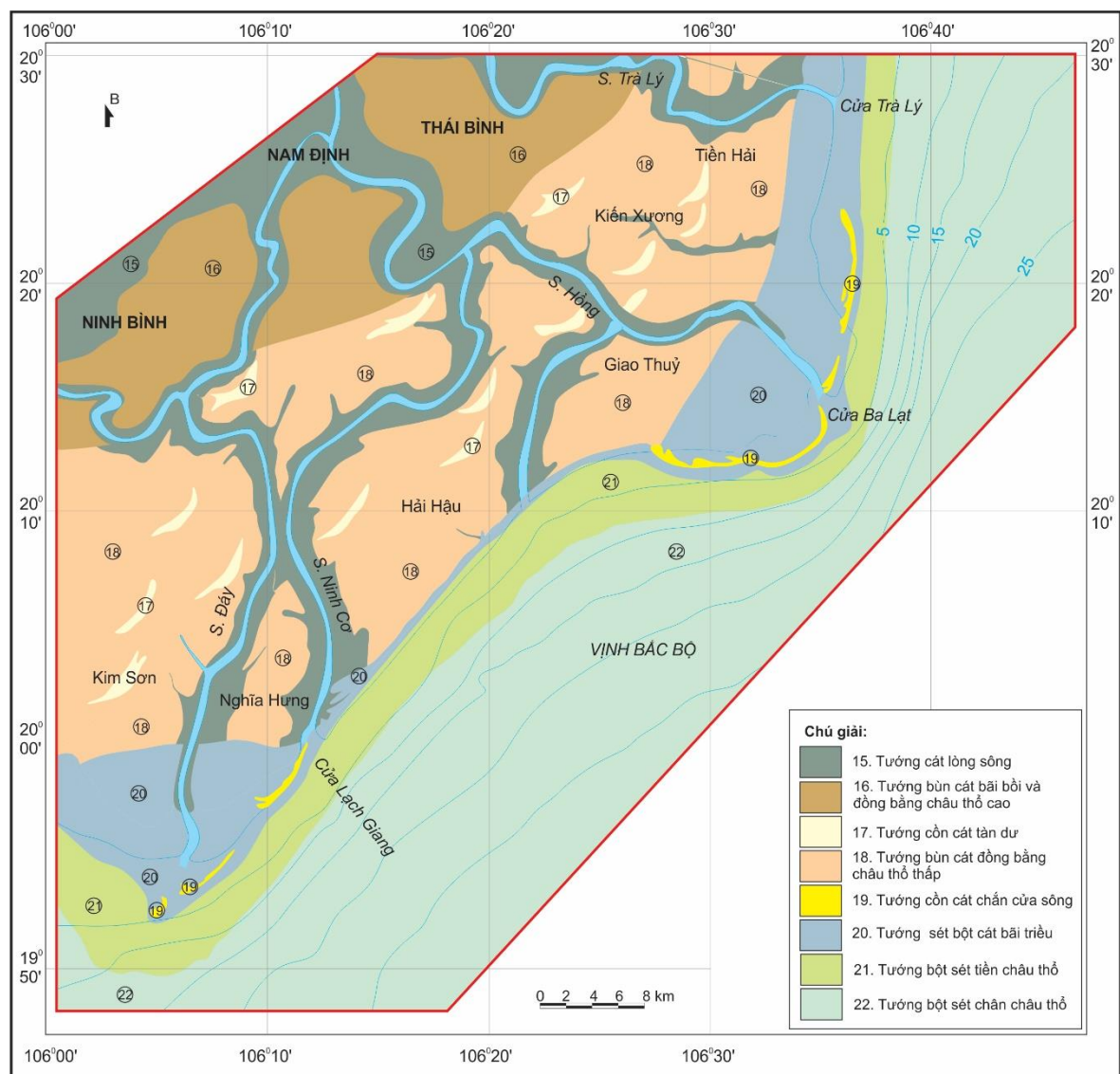
Cồn cát có hình lưỡi liềm và cánh cung không đối xứng quay lưng ra biển. Các cồn cát có bề rộng từ 1.000-5000m, chiều cao từ 3-7m và chiều dài từ 5000 - 20.000m (Hình 3.4). Chúng được hình thành trước các cửa sông cổ ở đới sóng đồ có điều tiết của dòng chảy ven bờ. Các thể hệ cồn cát có tuổi trẻ dần từ đất liền ra biển đánh dấu bờ biển bồi tụ tăng trưởng theo quy luật chu kỳ hình thành cồn cát từ 100-200 năm. Các cồn cát có hàm lượng cát >60%, độ mài tròn và chọn lọc tốt ($R_o=0,4-0,7$; $S_o=1,3-1,9$).

- Giữa các cồn cát được tích tụ 2 tướng trầm tích: Tướng sét đầm lầy ven biển (nằm dưới) và tướng bột sét bãi bồi đồng bằng châu thổ (nằm trên) tạo nên một địa hình bằng phẳng nghiêng thoải về phía biển. Trầm tích có hàm lượng bột sét chiếm trên 70%, độ chọn lọc kém ($S_o>3,5$). Mức địa hình này có độ cao từ 2-3m so với mực nước biển hiện đại vì vậy không bị ngập lụt biển vào mùa nước dâng.

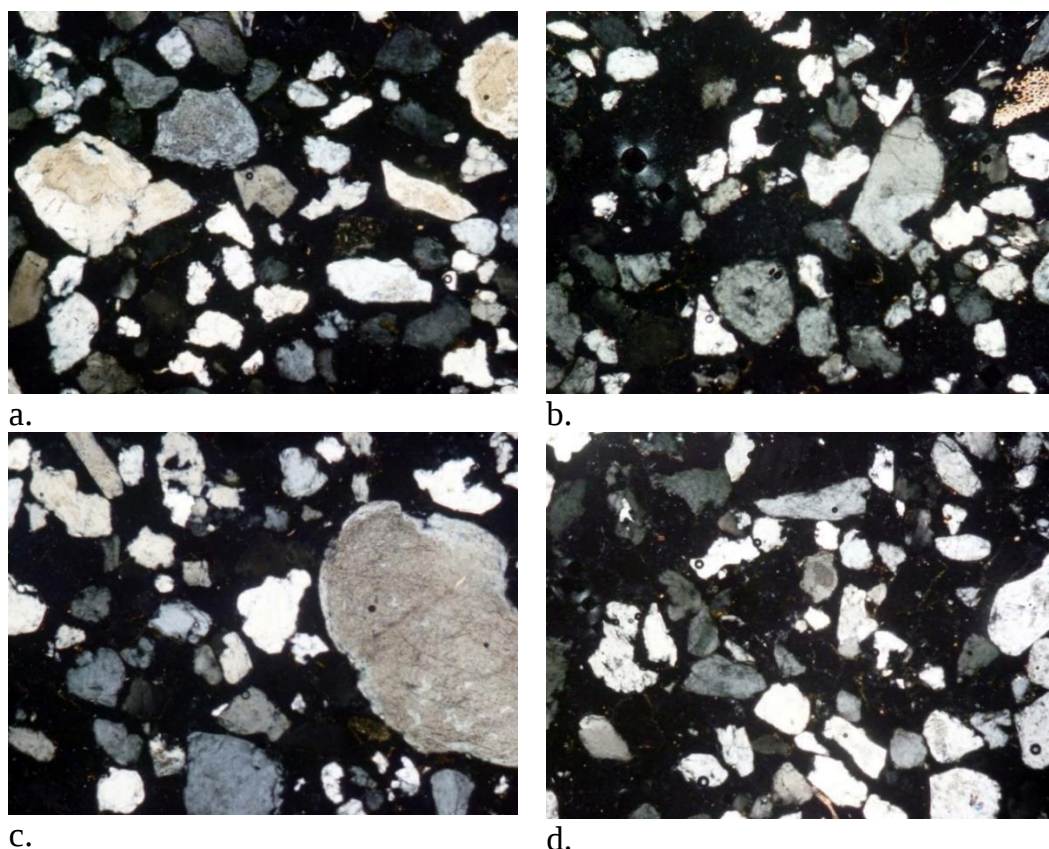
18) Tượng bùn cát đồng bằng châu thổ thấp (am HSTQ₂²⁻³)

Nằm trong giới hạn đường bờ cổ 1.000 năm BP đến đường bờ 1787 năm trước, là tướng bột sét bãi bồi đồng bằng châu thổ (Hình 3.4).

Đồng bằng châu thổ thấp là các bãi bồi đang bị ngập lụt vào mùa nước dâng. Thành phần trầm tích chủ yếu là sét bột với hàm lượng chiếm trên 75%, độ chọn lọc kém ($S_o>3$), $pH=7.2-7,8$; $K_t = 1,2-1,5$. Trên bề mặt đồng bằng châu thổ thấp phát triển cây cối và rừng ngập mặn đặc trưng cho môi trường nước lợ phân bố xen kẽ giữa các hệ thống phụ lưu và lạch triều.



Hình 3. 4. Sơ đồ tương trầm tích đới bờ châu thổ Sông Hồng

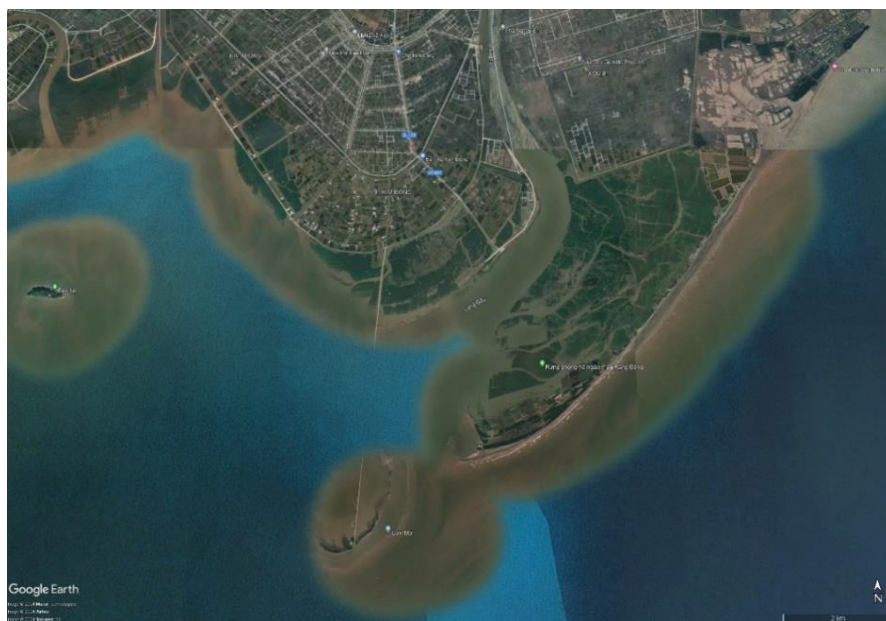


Ảnh 3. 11. Cát thạch anh hạt nhỏ chứa vụn vỏ sinh vật. Độ mài tròn và chọn lọc trung bình ($Rotb=0.5$; $So=1.9$); (N+, x40)

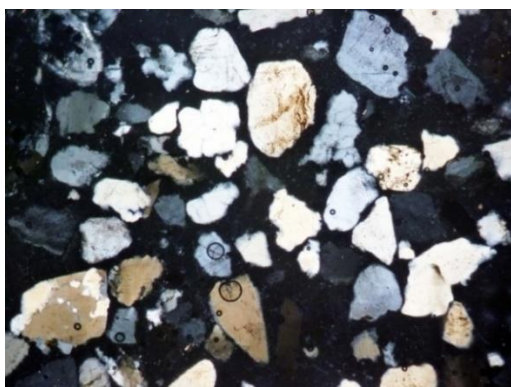
19) Tường cát cồn cát chắn cửa sông (a HSTQ₂²⁻³)

Các cửa sông do động lực sóng thống trị, vật liệu từ lục địa đưa ra sẽ được sóng và thủy triều sàng lọc, tái tạo. Những vật liệu mịn được mang đi xa còn phần hạt thô hơn được lắng đọng ngay tại vùng cửa sông, tạo cồn chắn cửa (Hình 3.4).

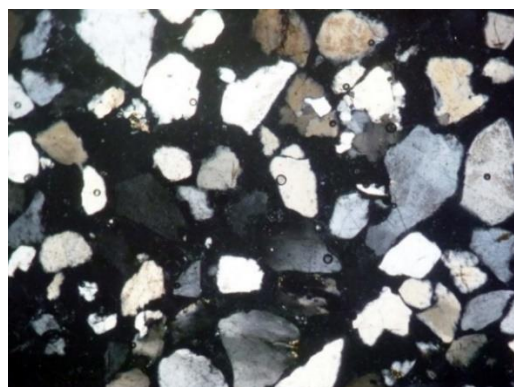
Tường trầm tích này phân bố ở cồn Vành, cồn Thoi khu vực cửa Ba Lạt. Hình thái phân bố cân xứng hai bên của sông Hồng. Tại cửa Đáy, dòng vật liệu từ lục địa đưa ra thấp hơn so với dòng vật liệu từ lục địa đưa ra tại cửa Ba Lạt. Năng lượng dòng chảy sông tại cửa Đáy cũng thấp hơn so với năng lượng dòng chảy sông tại cửa Ba Lạt. Nhưng các bãi bồi Ba Lạt, bãi bồi Kim Sơn và bãi bồi Rạng Động đều có tốc độ lấn biển trung bình 100m/năm. Điều đó cho thấy, dòng ven bờ đã góp phần lớn vật liệu trầm tích và hợp với dòng vật liệu từ lục địa đưa ra tích tụ tại đây. Dòng ven bờ khu vực cửa Đáy có xu hướng theo hướng bắc - nam. Ngoài ra, độ cao sóng cũng lớn dần từ bắc xuống nam. Chính động lực dòng ven bờ đã định hướng không gian phát triển bãi bồi theo phương tây - tây nam.



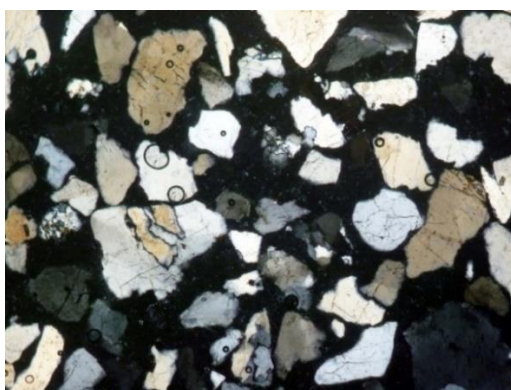
Hình 3. 5. Cồn cát chắn cửa không khu vực cửa Đáy (Ảnh Google Pro, 2023)



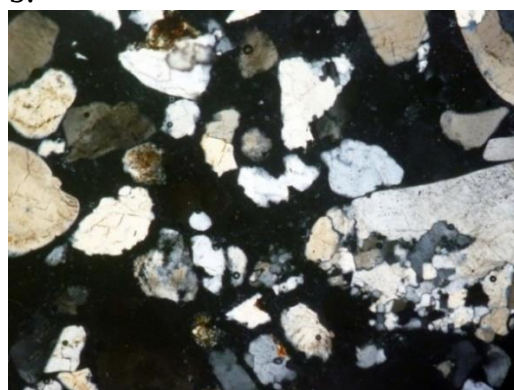
a.



b.



c.



d.

Ảnh 3. 12. Cát thạch anh hạt nhỏ. Chọn lọc và mài tròn tốt ($So=1.4$; $Rotb=0.6$); (N+, x40)

Trầm tích cấu thành cồn cát chủ yếu là các thành tạo cát, cát bột có màu xám, xám vàng, xám trắng, chứa phong phú tàn tích động thực vật. Hàm lượng cát tập trung cao, nhưng cấp hạt cát lại có mức dao động khá lớn từ 25,60 đến 70,45%; Hàm lượng sét và bột cũng có sự thay đổi đáng kể, bột chiếm từ 20,67 đến 60,10%, sét từ 9 đến 25%; Cấp độ hạt trung bình Md từ 0,07 đến 0,15mm; Giá trị So từ 1,24 đến 2,80; Giá trị Sk từ 0,8 đến 0,15; Trầm tích có độ chọn lọc và mài tròn tốt ($So=1.4$; $Rotb=0.6$). Thành phần hạt vụn chủ yếu là thạch anh chiếm từ 55 đến 65%, mảnh vụn đá từ 25 đến 30%, feldspar từ 5 đến 10%, mica < 5%. Mảnh vụn sinh vật không đáng kể. Khoáng vật nặng phong phú với hàm lượng 1,2% bao gồm: ilmenite, amphibol, sphe, zircon, turmalin, magnetit. Trong đó thường gặp hơn là ilmenite, amphibol, zircon (Ảnh 3.12).

20) Tương sét bột cát bãi triều (m HSTQ₂²⁻³)

Động lực dòng triều đến bờ có đặc trưng cơ bản sau: ở đới có độ sâu đáy biển tương đương với biên độ triều là đới mà triều có động lực lớn nhất. Càng vào trong động lực triều bị triệt tiêu bởi lực ma sát với đáy. Khi dòng triều mang theo vật liệu đến, các vật liệu thô được lắng đọng trước và càng vào gần bờ vật liệu lắng đọng càng mịn hơn. Các thành tạo của bãi gian triều có cấu trúc trầm tích độ hạt thô dần ra phía biển và mịn dần từ dưới lên. Thông thường ở đới gian triều có thể chia thành bãi triều thấp, bãi triều trung và bãi triều cao. Tương ứng với ba đơn vị trầm tích là bãi cát triều (sand flat), bãi triều hỗn hợp (mixed flat) và bãi bùn (mud flat) (Doãn Đình Lâm, 2003; Doãn Đình Lâm et al., 2001; Vũ Văn Hà, 2015) (Hình 3.6).

- Bãi triều bùn:

Bãi triều bùn được thành tạo ở phần trên của đồng bằng triều. Trầm tích bùn sét có cấu tạo đặc trưng là phân lớp mỏng, nằm ngang đôi khi có các kết vón sét, các thấu kính bột hoặc cát mịn. Sự thay đổi độ mặn, cùng với những thay đổi về độ phơi sáng và nhiệt độ, thường rất mạnh ở đới triều cao. Bãi triều bùn sét có sự hoạt động mạnh của sinh vật làm xáo trộn trầm tích như các loài giun nhiều tơ, động vật chân bụng và hai mảnh vỏ,... Ở vùng bãi bồi Kim Sơn, trầm tích bãi triều bùn phủ trên bãi triều hỗn hợp hoặc bãi triều cát, diện lộ khá rộng, phủ hầu khắp bề mặt bãi bồi trên

lục địa. Mặc dù vậy, bề dày của chúng có sự khác nhau tùy vào vị trí. Khu vực có bề dày lớn nhất ở phía tây, giáp với sông Càn và có xu thế giảm dần theo hướng từ sông Càn đến sông Đáy. Do thành tạo ở phần triều cao, gần bờ, động lực triều đã giảm mạnh chỉ đủ để vận chuyển các trầm tích hạt mịn. Đặc điểm trầm tích chủ yếu là sét-bột, cấu tạo phân lớp mỏng song song, có nhiều dấu vết hoạt động của sinh vật và rễ cây thực vật ngập mặn. Thành phần độ hạt với hàm lượng cát chiếm từ 4,7-35,8%; bột từ 16,9-32,1%; sét từ 38,0-77,0% (Ảnh 3.13).



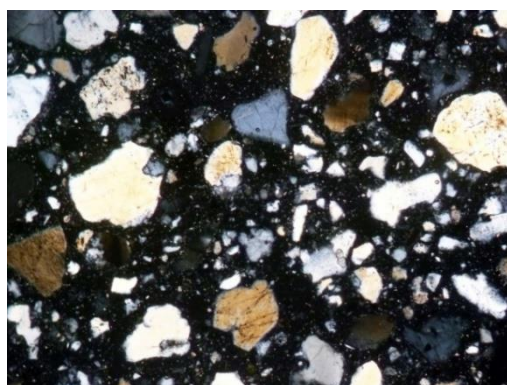
Ảnh 3. 13. Trầm tích bãi triều bùn, tại lỗ khoan LK.III-2 (độ sâu 30-50cm)
- Bãi triều hỗn hợp (mixed flat)

Bãi triều hỗn hợp phân bố ở phần giữa của đới gian triều, có cấu tạo phân lớp xen kẽ gồm các tập cát và các tập bột sét nằm xen kẽ nhau cấu tạo phân lớp lượn sóng. Bãi triều hỗn hợp phân bố rộng tại bãi bồi Kim Sơn, xuất lộ ở khu vực ngoài đê Bình Minh III, ở trong đê Bình Minh III đôi chỗ xuất lộ trên bề mặt, tuy nhiên phân bố chủ yếu ở độ sâu 0,5-0,6m; bề dày thông thường đạt từ 1,5-2,0m; cá biệt có những chỗ dày 2,5-3m. Đặc trưng của bãi triều hỗn hợp là các tập cát, bột, sét phân lớp xen kẽ nhau thông thường khoảng 1cm đến vài cm phân lớp song song hoặc xiên chéo, gợn sóng (Ảnh 3.14). Kết quả phân tích thành phần độ hạt của trầm tích bãi triều hỗn hợp; cát chiếm từ 11,0-63,3%; bột từ 16,9 - 52,7%; sét từ 14,1-66,3%; Md từ 0,042-0,006; So từ 3,013-5,586; Sk từ 0,191-0,763. Ngoài ra, các trầm tích cát, cát bột bãi gian triều thuộc bãi triều thấp phân bố không gian dọc bờ biển từ cửa Ba Lạt đến cửa Càn. Tại không gian các cửa sông chúng được phân bố rộng hơn. Thành phần trầm tích gồm cát, cát bột màu xám xanh, xám xẫm. Hàm lượng cấp hạt cát mịn chiếm từ 75 đến 80%, bột từ 15 đến 20%. Trầm tích chứa nhiều xác động vật hai mảnh. Kết

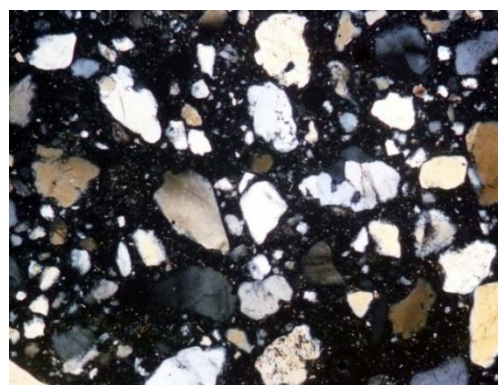
quả phân tích thạch học - khoáng vật cho thấy thành phần tha sinh thạch anh chiếm >50%, mảnh đá từ 20 - 25%, mica từ 10 - 15%, feldspar <5%, mảnh vụn sinh vật <5%. Cát thạch anh pha bột sét, thạch anh chủ yếu là đơn tinh thể. Độ chọn lọc kém ($S_o=2.4$); độ mài tròn tốt ($Rotb=0.6$) (Ảnh 3.15).



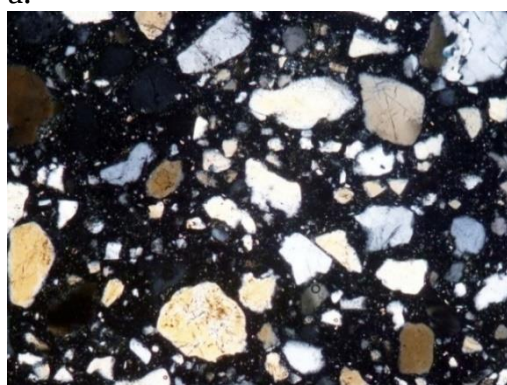
Ảnh 3. 14. Trầm tích bãi triều hỗn hợp tại lỗ khoan LK.III-9 (tại độ sâu 230-250cm)



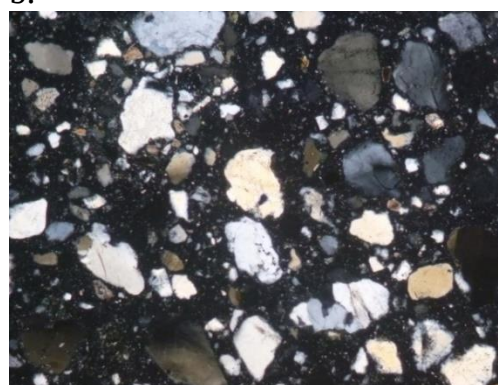
a.



b.



c.



d.

Ảnh 3. 15. Cát thạch anh pha bột sét. Thạch anh chủ yếu là đơn tinh thể.

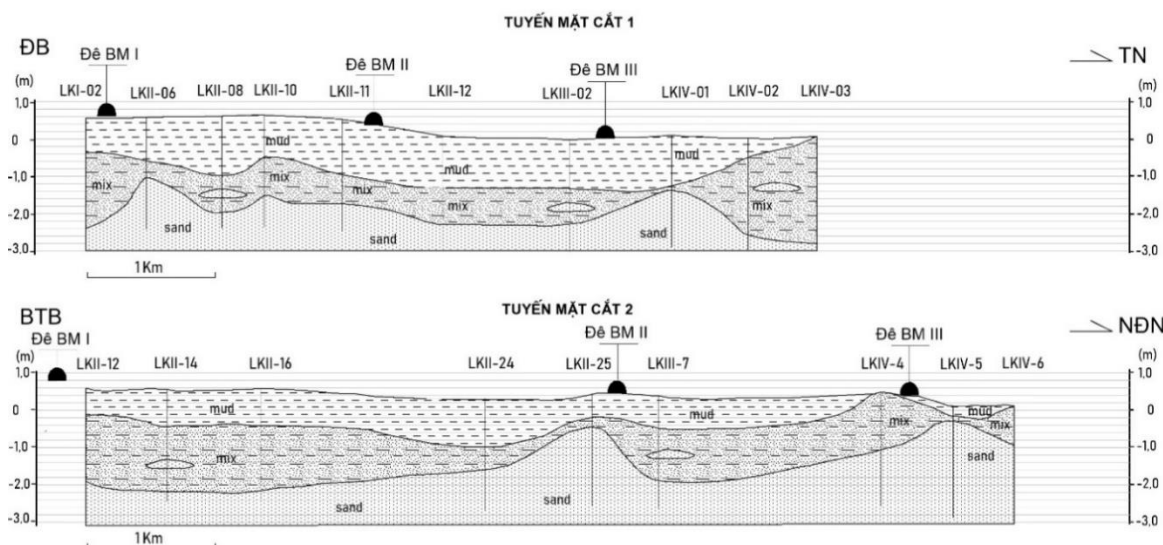
Độ chọn lọc kém ($S_o=2.4$); độ mài tròn tốt ($Rotb=0.6$); ($N+$, x40)

- Bãi cát triều

Bãi triều cát được hình thành ở phần thấp của đới gian triều. Nguồn trầm tích là các dòng vật liệu đáy (chủ yếu là cát, từ thô đến mịn) (Ảnh 3.16). Ở đây có sự thay đổi mạnh về tướng trầm tích và hàm lượng hóa thạch. Các trầm tích cát thô đến mịn thường có cấu tạo phân lớp từ trung bình đến dày, phân lớp gợn sóng và phân lớp xiên chéo song song. Tại bãi triều cát ở bãi bồi Kim Sơn chỉ lộ ở phần thấp của đới gian triều, thuộc phạm vi ngoài đê Bình Minh III, còn ở khu vực trong đê Bình Minh III, trầm tích bãi cát triều chỉ bắt gặp trong lỗ khoan từ ở độ sâu phổ biến là 1,8-2,0m, cá biệt bắt gặp trầm tích bãi cát triều ở độ sâu 0,3m trong một số lỗ khoan (Hình 3.6). Thành phần độ hạt chủ yếu là cát mịn đến cát thô, có những mẫu cát chiếm đến 87,0%. Tổng hợp các kết quả phân tích độ hạt trầm tích bãi cát triều cho thấy, hàm lượng cát chiếm từ 43,1-87,0%; bột 10,0-35,8%; sét từ 2,0-35,4%; kích thước hạt trung bình M_d từ 0,062-0,116; độ chọn lọc S_o từ 1,298-2,814; độ lệch tiêu chuẩn $S_k = 0,381-0,840$.



Ảnh 3. 16. Trầm tích bãi triều cát tại lỗ khoan LK.IV-9 (độ sâu 220-240cm)



Hình 3. 6. Các mặt cắt điển hình trầm tích bãi triều Kim Sơn (Vu Van Ha et al., 2021)

21) Tương bột sét tiền châu thổ (m HSTQ₂²⁻³)

Trầm tích sét bột tiền châu thổ phân bố trong khoảng độ sâu từ 0 - 5m nước hiện tại. Đây là địa hình đáy biển tiền châu thổ nghiêng thoải về phía biển. Quá trình vận chuyển và lắng đọng trầm tích chịu tác động các yếu tố dòng chảy của sông, dòng chảy đáy dọc bờ và dòng ngang của sóng.

Tại vị trí lỗ khoan NĐ19.03 phân bố ở độ sâu từ 0 - 4,8m (Hình 3.7) gồm: sét bột xen kẽ các tập cát mịn dày 0,1m phân lớp ngang song song, đôi chỗ phân lớp gợn sóng (Ảnh 3.17), trầm tích có chứa vảy mica. Thành phần trầm tích gồm: cát chiếm 0,9-11,9%, bột: chiếm 37,2-48,0%, sét: chiếm 43,2-60,3%, giá trị (Md): 0,003-0,006mm; (So): 3,07-4,00; (Sk): 0,64-1,17. Tập cát xen kẽ có thành phần trầm tích gồm: cát chiếm 82,0-84,5%, bột chiếm 11,0-12,0%, sét chiếm 3,5-7,0%, giá trị (Md): 0,71-0,73mm; (So): 2,36-2,71; (Sk): 0,18-0,22. Hóa thạch Trùng lỗ hiếm gặp, kích thước nhỏ và rất nhỏ, tường vỏ mỏng rất dễ vỡ, bảo tồn kém hầu như bị vỡ, không nguyên vẹn, tính đa dạng không cao, nhưng có một số loài đặc trưng phát triển mạnh, số lượng nhiều, đặc biệt là loài *Trochamina* sp., *Ammonia beccarii*. Đây là loài sống phổ biến trong môi trường có độ muối không ổn định, từ nhạt đến mặn, có xu hướng bị nhạt hóa do nước ngọt từ sông đổ ra biển. Nghèo hóa thạch Diatomea, chỉ gặp *Cyclotella striata* ở một số mẫu, nhiều mẫu không gặp hóa thạch.



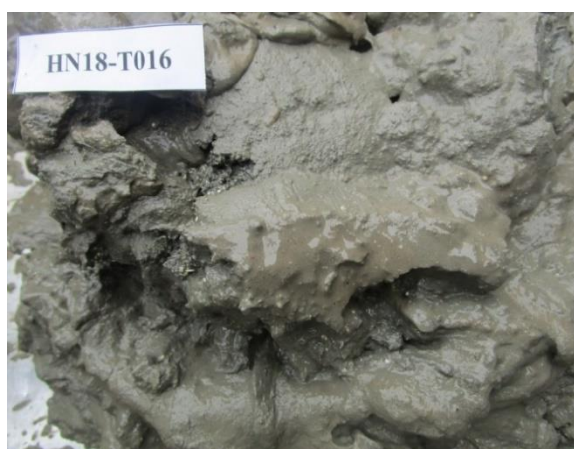
Ảnh 3. 17. Mẫu lõi khoan ND19.03/2,0 - 2,1m



Ảnh 3. 18. Bột sét phân lớp dày

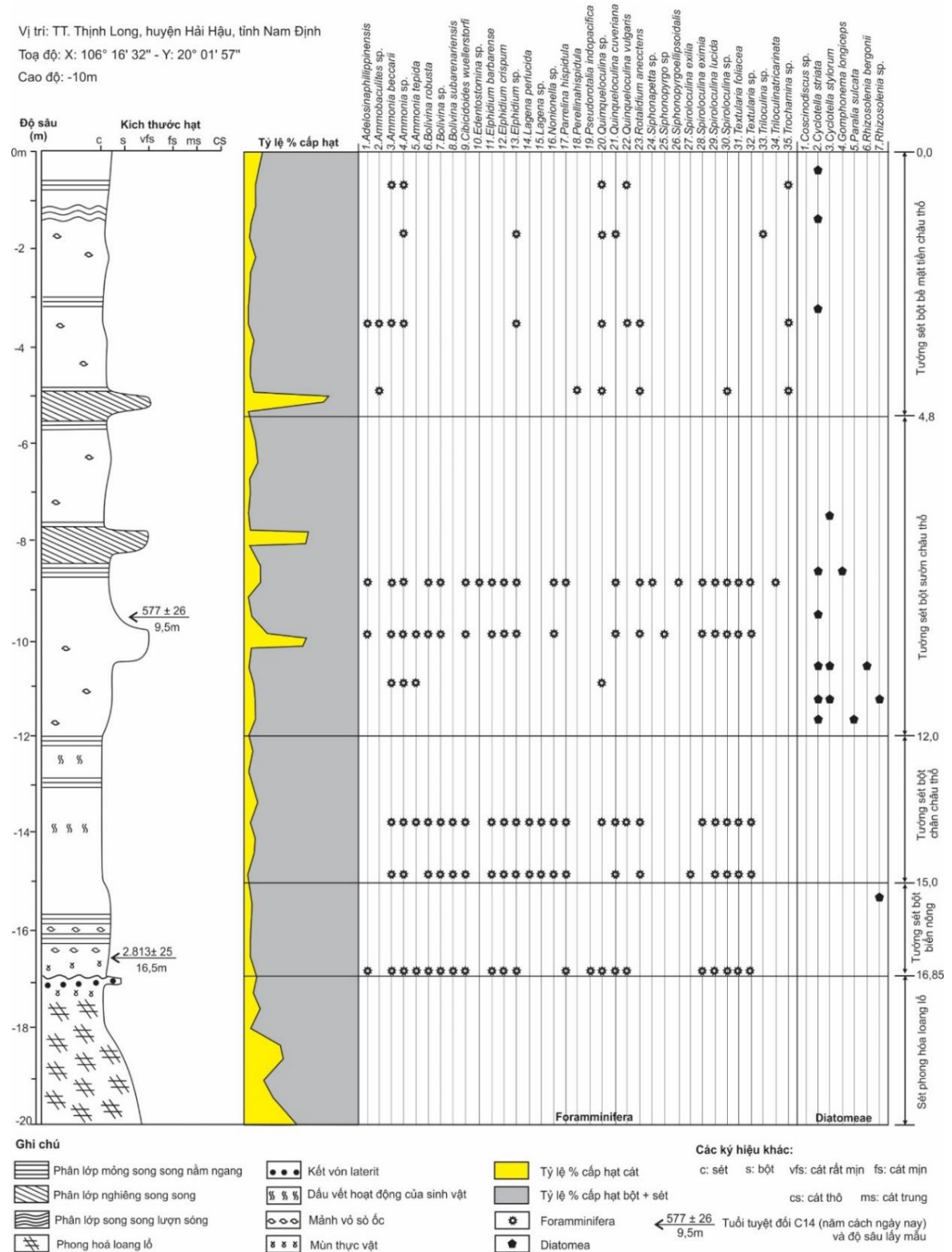
22) Tầng sét sườn châu thổ (m HSTQ₂²⁻³)

Trầm tích sét sườn châu thổ phân bố ở độ sâu từ 0-1,5m. Thành phần chủ yếu là bột sét màu nâu cấu tạo phân lớp dày (Ảnh 3.18, 3.19) kích thước hạt trung bình từ 0,01 - 0,02mm, độ chọn lọc trung bình, So từ 2,1-2,3. Trầm tích hiếm gặp các mảnh vỏ. Trầm tích không bắt gặp hóa thạch Foraminifera.



Ảnh 3. 19. Mẫu trầm tích tầng mặt lấy bằng cuốc đại dương tại vùng sườn châu thổ

Vị trí: TT. Thịnh Long, huyện Hải Hậu, tỉnh Nam Định
 Toạ độ: X: 106° 16' 32" - Y: 20° 01' 57"
 Cao độ: -10m



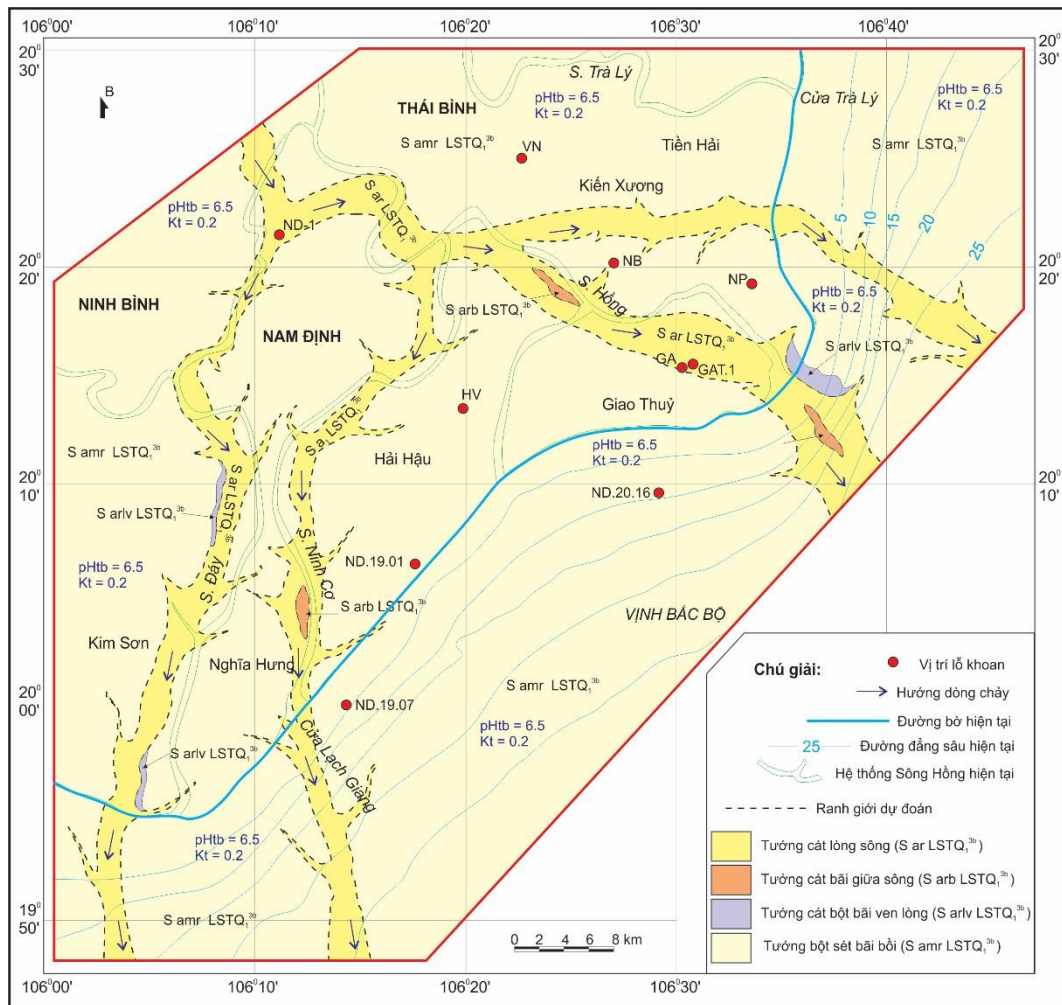
Hình 3. 7. Cột địa tầng tương trầm tích lỗ khoan NĐ19.03 (Trần Ngọc Diễn, 2020)

3.2. Cổ địa lý đới bờ châu thổ Sông Hồng trong Pleistocen muộn - Holocen

3.2.1. Giai đoạn Pleistocen muộn, phần muộn (Q_1^{3b})

Pha biển thoái do ảnh hưởng của băng hà Wurm 2 (30.000 - 18.000 năm BP) dẫn đến không gian rộng lớn khu vực đồng bằng Sông Hồng từ đất liền đến độ sâu - 100m nước được bao phủ bởi một phức hệ tướng aluvi điển hình. Từ khu vực Hà Nội qua Hưng Yên đến Nam Định phân bố các trầm tích cát sạn, cát lòng sông dọc theo đáy thung lũng cắt xẻ Đệ tứ muộn nằm trên bề mặt bào mòn. Cổ địa lý giai đoạn Pleistocen muộn, phần muộn vùng đới bờ châu thổ Sông Hồng bắt đầu với tướng cát lòng sông phân bố dọc theo lòng các nhánh của hệ thống Sông Hồng cổ. Trong đó, nhánh chạy từ Hà Nội qua Hưng Yên và đổ ra khu vực của Ba Lạt (Nam Định) là một trong những nhánh sông sâu nhất và lớn nhất hay còn gọi là thung lũng cắt xẻ Đệ tứ muộn. Hướng vận chuyển vật liệu trầm tích theo hướng dòng chảy các sông từ lục địa ra phía biển.

Tổ hợp cộng sinh tướng trầm tích đặc trưng cho các thành tạo aluvi gồm: cát lòng sông (ar LST Q_1^{3b}); cát bãi giữa sông (arb LST Q_1^{3b}); cát bột bãi ven (arlv LST Q_1^{3b}) và bột sét bãi bồi (amr LST Q_1^{3b}). Các bãi bồi và bãi ven lòng phân bố ở một số khúc uốn của các nhánh sông cổ, bãi giữa lòng phân bố rải rác dọc lòng sông cổ. Điều kiện hoá lý môi trường thời kỳ này với hầu hết có độ lục địa với pH khoảng 6,5; chỉ số Kt khoảng 0,2 (Hình 3.8).



Hình 3. 8. Sơ đồ tương đá - cổ địa lý giai đoạn Pleistocen muộn, phần muộn khu vực đới bờ châu thổ Sông Hồng

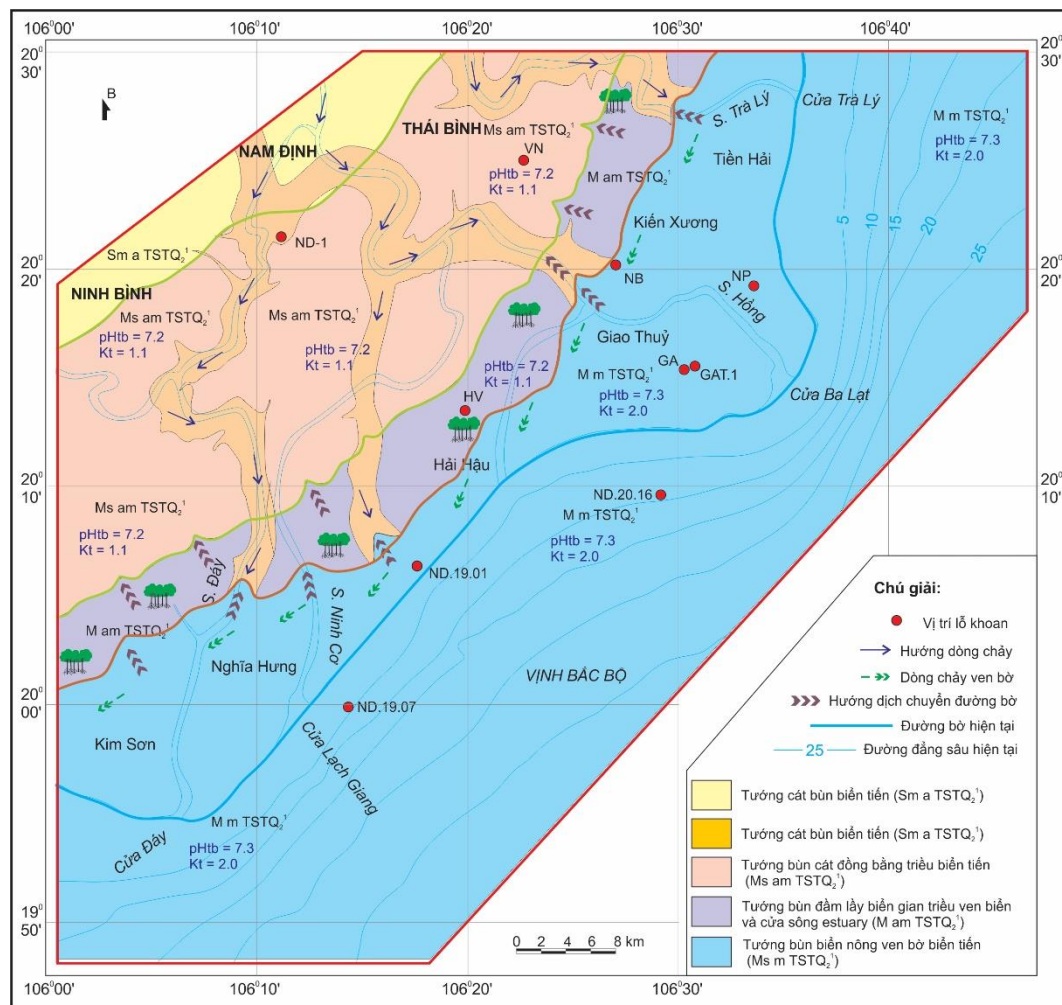
3.2.2. Giai đoạn Holocen sớm - giữa (Q_2^{1-2})

Cổ địa lý giai đoạn Holocen sớm - giữa vùng đới bờ châu thổ Sông Hồng bắt đầu là trầm tích cát sạn, cát lòng sông phân bố ở độ sâu 54,5 - 70m tại lỗ khoan GAT.1, độ sâu 45.7 - 70m tại lỗ khoan ND-1. Trầm tích có kích thước hạt trung bình (Md) dao động từ 0,1 - 0,35mm ở dưới độ hạt thô hơn, càng lên trên càng mịn hơn, độ chọn lọc từ trung bình đến tốt, cấu tạo phân lớp xiên chéo dạng dòng chảy. Thành phần khoáng vật chủ yếu là thạch anh, chiếm 50 - 75%, Fenspat 1 - 3%, Mica 3 - 7%, mảnh đá 15 - 32%, độ mài tròn từ trung bình đến tốt, độ chọn lọc từ tốt đến trung bình theo mặt cắt từ dưới lên.

Tướng cát bùn đầm lầy ven biển (atQ_1^{3b} - $Q_2^{1-2}TST$) phủ trực tiếp trên nhóm tướng aluvi biển thoái (arQ_1^{3b}). Trong giai đoạn đầu biển tiến Flandrian khi đường bờ còn nằm ngoài đường bờ hiện đại trong phạm vi đồng bằng Sông Hồng vẫn đang hoạt động của sông hình thành nhịp trầm tích cát bùn biển tiến (at).

Môi trường trầm tích từ đầm lầy ven biển chuyển sang vũng vịnh - biển nông: Đầm lầy ven biển được đặc trưng bởi tướng bùn sét với tỷ số cát/sét = $2/8 - 4/8$, $pH = 4.5-7.8$ $Eh < 0$, $TOC > 5\%$, $So = 2.1 - 2.8$. Giá trị $pH = 4.5$ là hiện tượng xuất hiện các lớp than bùn trong tướng sét đầm lầy tạo than. Quá trình phân hủy vật chất hữu cơ của rừng ngập mặn đã giải phóng khí H_2S , sau đó H_2 kết hợp với gốc SO_4^{2-} biến thành axit H_2SO_4 và từ môi trường kiềm nguyên thủy chuyển sang môi trường axit trong giai đoạn đầu hình thành trầm tích. Môi trường đầm lầy ven biển đã thống trị 2 ngàn năm (10.000 - 8.000 năm BP) trùng hợp với đới ven biển hiện đại. Trong giai đoạn này đã hình thành hệ sinh thái rừng ngập mặn, hệ sinh thái cửa sông estuary và hệ sinh thái bãi triều lầy.

Vũng vịnh cũng tương đương với hệ sinh thái vũng vịnh được đặc trưng bởi các tham số trầm tích và địa hóa môi trường của pha biển tiến cực đại (6.000-5.000 năm BP): Tỷ số cát/sét = $1/9-3/7$; $pH = 8.0 - 8.5$, $Eh > 0$, $TOC < 1.5\%$). Giai đoạn này, do mực nước biển dâng nên đường bờ luôn có xu hướng tiến vào trong đất liền. Hướng dòng chảy dọc theo đới bờ từ đông bắc xuống tây nam (Hình 3.9).



Hình 3. 9. Sơ đồ tướng đá - cổ địa lý giai đoạn Holocen sớm khu vực đới bờ châu thổ Sông Hồng

3.2.3. Giai đoạn Holocen giữa - muộn (Q_2^{2-3})

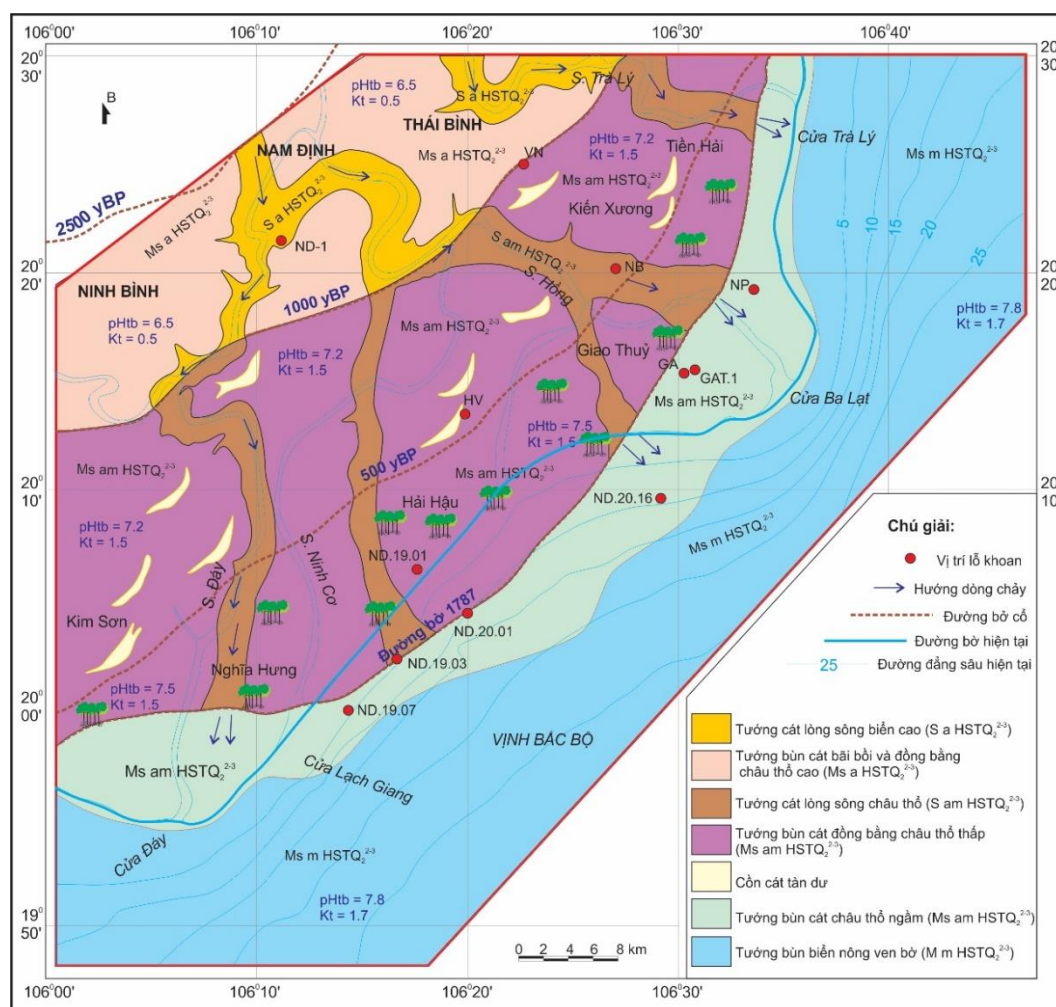
Trong Holocen giữa - muộn đới bờ châu thổ Sông Hồng biến động môi trường trầm tích chịu ảnh hưởng của các yếu tố của địa chất nội và ngoại sinh có mối quan hệ nhân - quả: (1) Sụt lún kiến tạo; (2) Sự thay đổi mực nước biển; (2) Quá trình bồi tụ đền bù trầm tích dư thừa.

- Sụt lún kiến tạo với tốc độ 1mm/năm là quy luật của các vùng hạ lưu châu thổ lớn như sông Hồng và Cửu Long.

- Sự thay đổi mực nước biển: pha biển thoái toàn cầu Holocen giữa - muộn (5.000 - 1.000 năm BP) và pha biển dâng từ 1.000 năm BP đến nay.

- Quá trình bồi tụ đền bù trầm tích dư thừa được thể hiện bởi sự xuất hiện các đường bờ cổ và các thùy châu thổ phân bố theo chu kỳ trên bề mặt của châu thổ Sông Hồng.

Đồng thời với quá trình biến thoái Holocen giữa - muộn đới bờ châu thổ Sông Hồng đã diễn ra 2 quá trình nối tiếp nhau theo phương thẳng đứng và phương nằm ngang: (1) Theo phương thẳng đứng: tướng bột sét và tướng sét châu thổ ngậm biển thoái; (2) Theo phương nằm ngang (từ đất liền ra biển) các tướng phân bố theo trật tự sau: tướng cát, bột sét đồng bằng châu thổ cao → tướng cát, bùn sét đồng bằng châu thổ thấp → tướng cát, cát bùn tiền châu thổ → tướng sét sườn châu thổ hiện đại (hình 3.10).



Hình 3. 10. Sơ đồ tướng đá - cổ địa lý giai đoạn Holocen giữa - muộn khu vực đới bờ châu thổ Sông Hồng

Chương 4

ĐỊA TẦNG PHÂN TẬP VÀ LỊCH SỬ PHÁT TRIỂN TRẦM TÍCH PLEISTOCEN TRÊN - HOLOCEN ĐỐI BỜ CHÂU THỔ SÔNG HỒNG

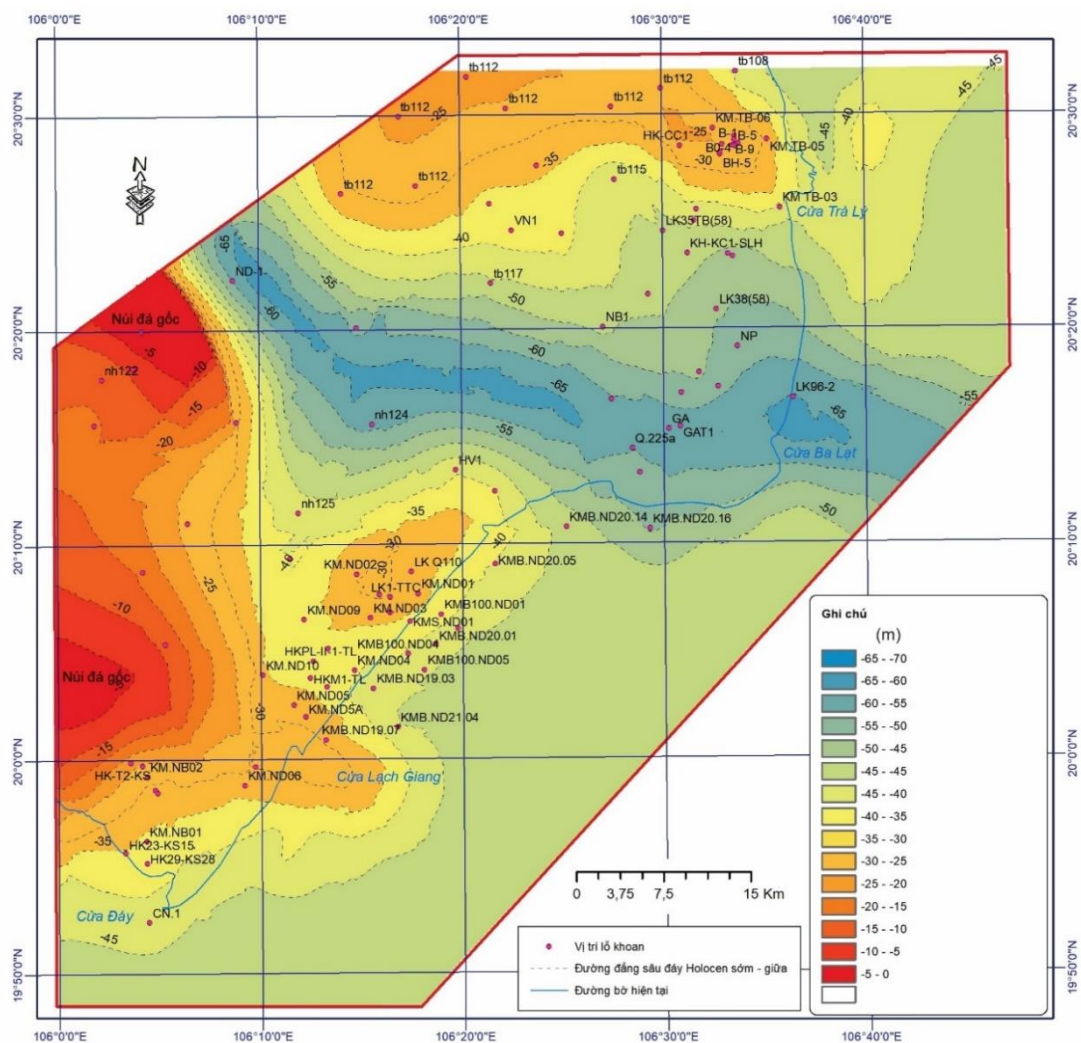
4.1. Dao động mực nước biển trong Pleistocen muộn - Holocen đối bờ châu thổ Sông Hồng

Biển tiến toàn cầu Flandrian xảy ra sau khoảng thời gian 18.000 năm BP. Trước kỳ gian băng là thời kỳ băng hà cuối cùng (Wurm 2), kỳ băng hà này diễn ra từ 30.000 đến 18.000 năm BP làm cho mực nước biển hạ thấp tới độ sâu khoảng -120m, điều đó cho thấy vùng đồng bằng Sông Hồng khi đó nằm ở độ cao trên 120m so với mực nước biển và bề mặt đồng bằng xảy ra quá trình phong hóa bóc mòn và đào khoét thung lũng cắt xẻ. Bề mặt phong hóa và thung lũng cắt xẻ được phát hiện qua các tài liệu lỗ khoan (Hình 4.1).

Trong giai đoạn 18.000 - 20.000 năm BP, mực nước biển tại nhiều nơi trên thế giới cũng như vùng ven biển Việt Nam đã hạ xuống đến độ sâu từ -100 đến -120m so với mực nước biển trung bình hiện tại (Doãn Đình Lâm, 2005, 2004, 2003; Nguyễn Địch Dỹ et al., 2010; Vũ Văn Hà, 2015). Thời gian bắt đầu dâng của biển tiến Flandrian vào khoảng 18.000 năm BP và dâng nhanh vào khoảng 14.000-13.000 năm BP tương ứng thời kỳ Pleistocen muộn (Trần Nghi, 2000; Tanabe, 2003). Đến thời điểm 10.000 năm BP mực nước biển đạt ở mức từ -60 đến -50m (Nguyễn Biểu, 200; Nguyễn Tiến Hải, 2005). Biển tiếp tục dâng từ 10.000 đến khoảng 7.500 - 7.000 năm BP đạt đến mực nước biển trung bình ngày nay (Trần Nghi, 2017). Mực nước biển đạt mức cao nhất tại thời điểm khoảng 7.000 - 6.000 năm BP. Tại thời điểm này mực nước biển ở độ cao từ +3 đến +4m so với mực nước biển trung bình hiện tại. Trong khoảng thời gian từ 6.000 đến 5.000 năm BP mực nước biển gần như đứng yên, nếu như có dao động cũng không đáng kể. Sau thời gian này, mực nước biển dần dần hạ xuống đến mực nước hiện tại.

Trong Pleistocen muộn, phần muộn - Holocen có 3 pha thay đổi mực nước biển: (1) Biển thoái Pleistocen muộn, phần muộn do ảnh hưởng của băng hà Wurm 2

(30.000 - 18.000 năm BP); (2) Biển tiến Flandrian (18.000 - 5.000 năm BP) và (3) Giai đoạn biển thoái sau biển tiến Flandrian (sau 5.000 năm).



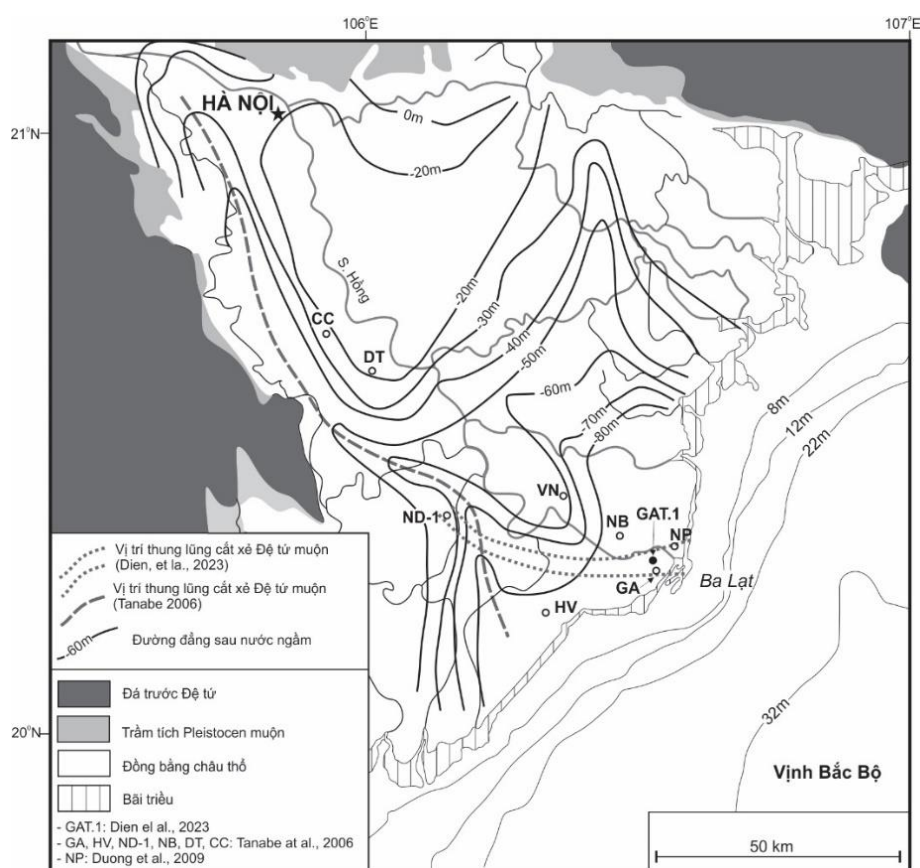
Hình 4. 1. Sơ đồ đẳng sâu bề mặt trầm tích Pleistocen trên hệ tầng Vĩnh Phúc
đới bờ châu thổ Sông Hồng

1) *Biến thái Pleistocen muộn, phần muộn:*

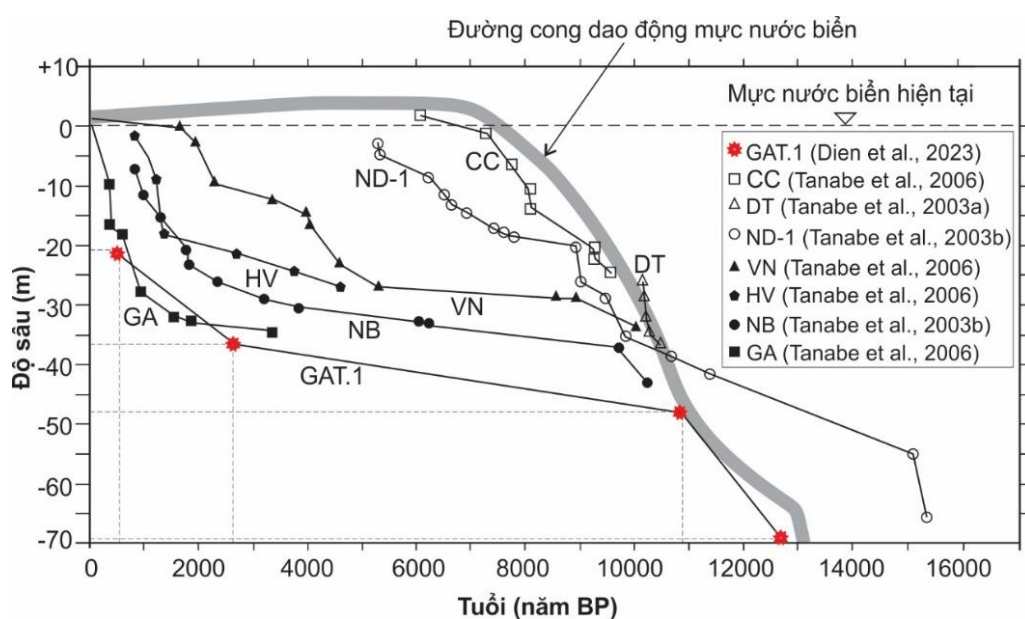
Giai đoạn Pleistocen muộn, phần muộn tương ứng với pha biển thoái do ảnh hưởng của băng hà Wurm 2 (30.000 - 18.000 năm BP). Giai đoạn này, trên một không gian rộng lớn từ đất liền đến độ sâu -100m nước được bao phủ bởi một phức hệ tướng aluvi điển hình. Trên mặt cắt địa chất trầm tích Pleistocen muộn chạy từ khu vực Hà Nội qua Hưng Yên đến Nam Định thấy rõ một nhịp tướng aluvi biển thoái (ar LSTQ₁^{3b}) nằm trên bề mặt bào mòn cắt xẻ của lòng sông biển thoái trên hệ tầng Vĩnh Phúc (Q₁^{3a}_{vp}).

2) Giai đoạn biển tiến Flandrian:

Trong giai đoạn đầu biển tiến Flandrian khi đường bờ còn nằm ngoài đường bờ hiện đại trong phạm vi đồng bằng Sông Hồng vẫn đang hoạt động của sông vì vậy nhịp aluvi này được gọi là aluvi biển tiến. Biển tiến Flandrian tiến vào khu vực đới bờ châu thổ Sông Hồng qua cửa thung lũng cắt xẻ Đệ tứ muộn phân bố ở khu vực cửa Ba Lạt (Hình 4.2). Tốc độ dâng của mực nước biển giai đoạn đầu Holocen sớm khá nhanh, làm cho khu vực nghiên cứu ngập chìm nhanh chóng, hình thành các tướng trầm tích estuary - vũng vịnh (Hình 4.3).



Hình 4. 2. Sơ đồ vị trí thung lũng cắt xẻ Đệ tứ muộn châu thổ Sông Hồng (Tanabe, 2003a, 2006), (Tran Ngoc Dien et al., 2023)



Hình 4. 3. Đường cong dao động mực nước biển trong Holocen khu vực đồng bằng châu thổ Sông Hồng

3) *Giai đoạn biển thoái sau biển tiến Flandrian*: diễn ra vào khoảng thời gian từ 6.000 - 5.000 năm BP đến nay.

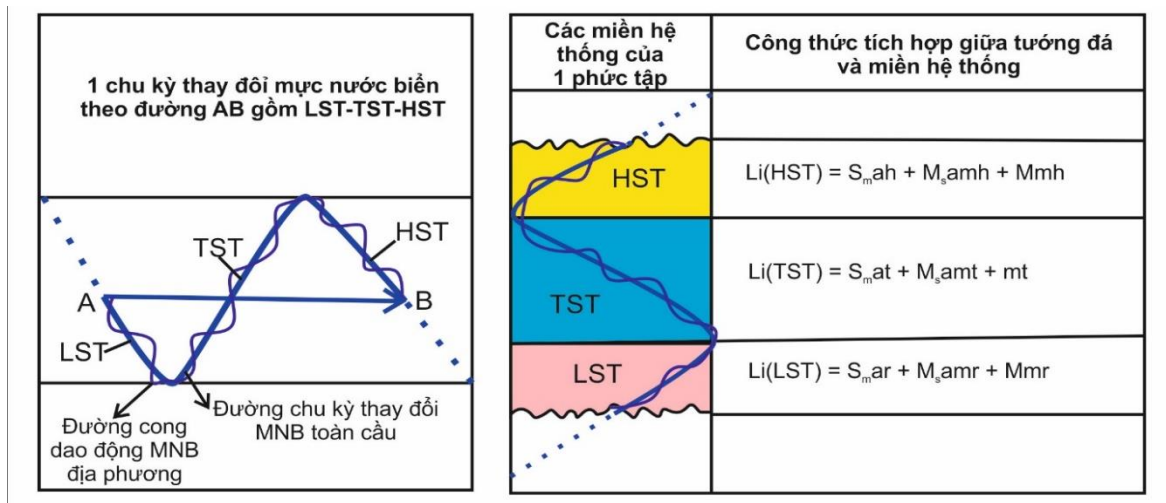
Vào thời điểm 6.000 năm BP, mực nước biển dâng cao nhất ở độ cao đạt tới 3 - 4m so với mực biển trung bình hiện tại. Sau đó mực biển bắt đầu rút xuống theo nguyên tắc dao động con lắc đơn tắt dần (Lâm and Boyd, 2001). Giai đoạn hạ thấp sau biển tiến cực đại kéo dài trong 4.000 năm BP với tốc độ tăng dần từ 1 - 3mm/năm. Pha biển dâng cực bộ 1.000 năm BP đến nay với tốc độ 2mm/năm (Trần Nghi et al., 2018).

Giai đoạn này, châu thổ phát triển mạnh bởi nguồn trầm tích dồi dào được cung cấp từ lục địa theo các hệ thống sông, quá trình bồi lấp của châu thổ liên tục tiến ra biển. Phần trên của đồng bằng các cấu trúc cơ bản của châu thổ đã được hình thành tuy nhiên vẫn còn sự ảnh hưởng của biển. Phần thấp của vùng nghiên cứu tiếp tục hình thành các cấu trúc của châu thổ như chân thổ, tiền châu thổ và các trầm tích ven biển.

4.2. Lựa chọn mô hình địa tầng phân tập

Mô hình địa tầng phân tập do Trần Nghi đề nghị năm 2002 và tiếp tục được hoàn thiện trong nhiều năm nghiên cứu Trầm tích Dầu khí và Trầm tích Độ tứ trên phần đất liền và trên thềm lục địa Việt Nam (2012, 2015 và 2018) (hình 4.4).

Mô hình này là biểu đạt mối quan hệ giữa chu kỳ tương trầm tích và chu kỳ thay đổi mực nước biển toàn cầu, mực nước biển địa phương và chuyển động kiến tạo địa phương.



Hình 4. 4. Mô hình Địa tầng phân tập của Trần Nghi, 2018

Cộng thức tổng quát tích hợp giữa tướng đá và miền hệ thống trầm tích:

$$Li(LST) = S_{mr}arLST + M_samt/amrLST + Mmt/mrLST$$

$$Li(TST) = S_{mt}atTST + M_samr/amtTST + Mmr/mtTST$$

$$Li(HST) = S_{mh}ahHST + M_samt/amhHST + Mmr/mhHST$$

4.3. Đặc điểm địa chấn địa tầng trầm tích giai đoạn Pleistocen muộn, phần muộn - Holocen đới bờ châu thổ Sông Hồng

4.3.1. Các ranh giới địa chấn địa tầng

Các băng địa chấn thu thập trong vùng nghiên cứu đã được tiến hành phân tích để xác định các ranh giới địa chấn địa tầng và các tập địa chấn trong Pleistocen muộn - Holocen. Bằng phương pháp địa chấn địa tầng đã phân tích được các ranh giới địa chấn: ranh giới tập (SB), bề mặt biển tiến (TS) và bề mặt ngập lụt cực đại (MFS).

Việc nhận ra các ranh giới này dựa trên đặc điểm các ranh giới và đặc điểm trường sóng bên trên và bên dưới ranh giới.

Ranh giới tập (SB)

Ranh giới tập (SB) là giới hạn của thành tạo Pleistocen muộn, phần muộn - Holocen. Đặc điểm nổi bật của ranh giới là bề mặt bất chỉnh hợp góc bị đào khoét, chia cắt mạnh mẽ, được hình thành trong giai đoạn mực nước biển hạ thấp. Bề mặt ranh giới gồ ghề, nhấp nhô, biên độ phản xạ vừa đến mạnh, độ liên tục tốt phát triển trên toàn vùng nghiên cứu. Bên dưới ranh giới là trường sóng hỗn độn, đứt đoạn, đôi chỗ quan sát thấy rõ trường sóng xiên chéo của thành tạo tập địa chấn bên dưới bị bào mòn, cắt xén (Hình 4.5).

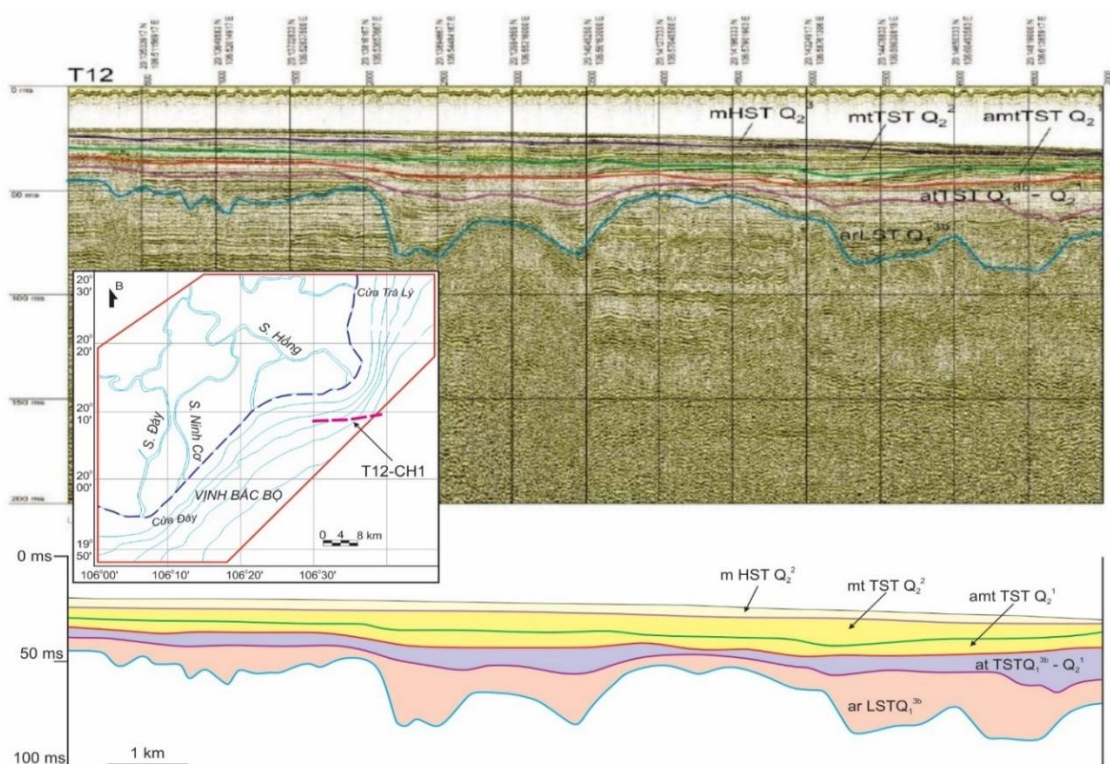
Bề mặt biển tiến (TS)

Bên trên ranh giới tập SB là bề mặt biển tiến (TS). Bề mặt biển tiến (TS) đặc trưng là một ranh giới tương đối phẳng, đôi chỗ quan sát thấy hoạt động đào khoét nhẹ hoặc uốn cong theo hình thái ranh giới SB ở bên dưới. Bên dưới thường có các tập địa chấn phản xạ ngắn, biên độ mạnh hoặc các tập địa chấn liên tục xiên chéo hoặc á song song, biên độ phản xạ mạnh, tần số trung bình đến cao bị mài mòn cắt cụt. Bên trên ranh giới là tập địa chấn có trường sóng liên tục tốt, á song song đến song song, biên độ phản xạ từ yếu đến mạnh. Ranh giới này bắt gặp liên tục trên toàn vùng nghiên cứu (Hình 4.5).

Bề mặt ngập lụt cực đại (MFS)

Bề mặt ngập lụt cực đại (MFS) nằm giữa mặt đáy biển và bề mặt biển tiến (TS). Bề mặt này là một bề mặt nằm ngang, phản xạ mạnh, dễ nhận ra trên mặt địa chấn. Bên trên ranh giới là một trường sóng song song liên tục, biên độ phản xạ trung bình đến mạnh, tần số trung bình, khuôn theo địa hình. Bên dưới ranh giới thường là trường sóng địa chấn liên tục tốt, á song song đến song song, biên độ phản xạ từ yếu đến mạnh.

Bề mặt ngập lụt cực đại (MFS) chỉ phân bố ra đến độ sâu khoảng -20m nước. Bên ngoài độ sâu này, thường không quan sát thấy ranh giới này trên mặt cắt địa chấn. Độ sâu của bề mặt ranh giới này thường ở -20m đến -30m nước và sâu dần hướng ra biển.



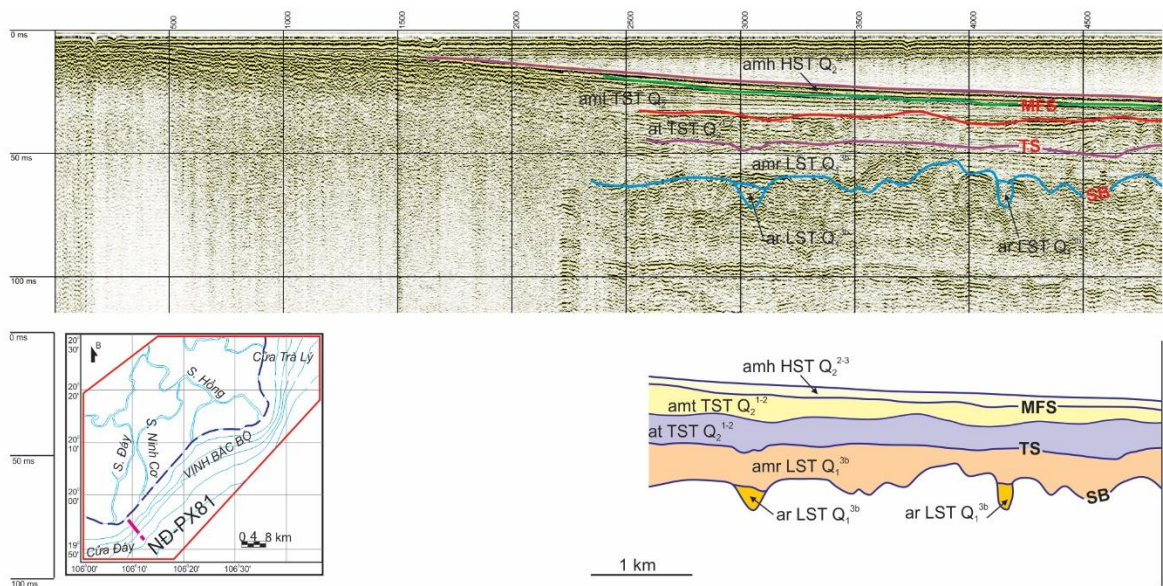
Hình 4. 5. Mặt cắt địa chấn nông phân giải cao tuyến T12-CH1, thấy rõ 3 miền hệ thống (LST,TST,HST) (Trần Nghi, 2020)

4.3.2. Đặc điểm trường sóng địa chấn trong Pleistocen muộn - Holocen

Trên mặt cắt địa chấn có thể quan sát thấy rõ các tập địa chấn miền hệ thống biển thấp (LST), biển tiến (TST) và biển cao (HST) dựa trên đặc trưng trường sóng địa chấn ở bên trong tập địa chấn và bị giới hạn bởi các ranh giới địa chấn địa tầng được mô tả ở trên. Do độ sâu từ -10m nước trở vào gặp một màn chắn âm nên đặc điểm trường sóng địa chấn ở bên dưới không thể quan sát được, mô tả đặc điểm trường sóng chỉ giới hạn ở độ sâu -10m nước trở ra.

Tập địa chấn thuộc miền hệ thống trầm tích biển thấp (LST)

Được đặc trưng bởi hai dạng phản xạ: 1) Phản xạ dạng xiên chéo, liên tục, biên độ phản xạ kém đến trung bình, tần số cao, phản ánh môi trường thành tạo sông - biển (am). 2) Dạng phản xạ thứ 2 có phần bên dưới đặc trưng bởi phản xạ dạng lấp đầy các dòng chảy, có biên độ phản xạ kém; phần trên được đặc trưng bởi các phản xạ dạng xiên chéo, biên độ phản xạ kém đến trung bình, tần số cao, phản ánh môi trường tích tụ aluvi.



Hình 4. 6. Mặt cắt địa chấn nông phân giải cao tuyến ND-PX81

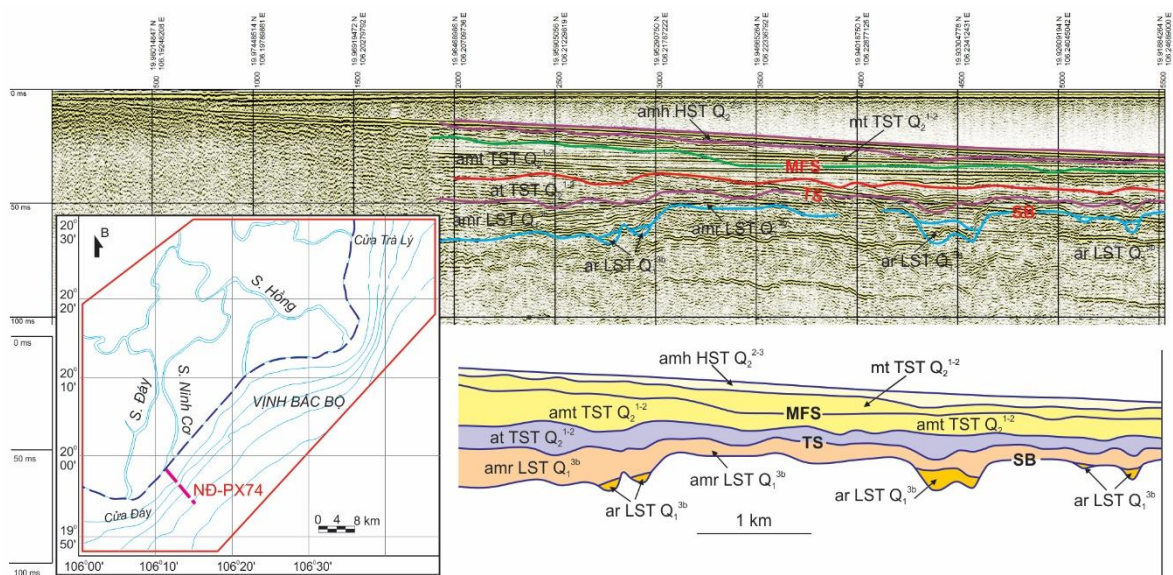
Tập địa chấn thuộc miền hệ thống trầm tích biển tiến (TST)

Tập này được biểu hiện bởi hai trường sóng:

- 1) Trường sóng nằm trên có các phản xạ nằm ngang song song, biên độ phản xạ kém, tần số thấp, biểu hiện môi trường trầm tích nguồn gốc biển vũng vịnh (m).
- 2) Trường sóng nằm dưới có dạng lượn sóng, á song song và có đôi chỗ bị rời, phản ánh môi trường trầm tích đầm lầy ven biển (mb).

Tập địa chấn thuộc miền hệ thống trầm tích biển cao (HST)

Nằm phía trên bề mặt ngập lụt cực đại, được đặc trưng bởi ba trường sóng, tương ứng với ba tướng địa chấn phản ánh các nguồn gốc trầm tích biển - đầm lầy (mb), sông - biển (am) và biển (m).



Hình 4. 7. Mặt cắt địa chấn nông phân giải cao tuyến ND-PX74

4.4. Địa tầng phân tập trầm tích giai đoạn Pleistocen muộn, phần muộn - Holocen đới bờ châu thổ Sông Hồng

Kết quả xử lý, minh giải các tài liệu lỗ khoan trên đồng bằng châu thổ và châu thổ ngầm và các mặt cắt địa chấn nông phân giải cao cho phép phân chia trầm tích giai đoạn pleistocen muộn, phần muộn - Holocen thành một phức tập (sequence) và 3 miền hệ thống trầm tích (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) (Hình 4.9, 4.10 và 4.11).

4.4.1. Miền hệ thống trầm tích biển thấp

Miền hệ thống biển thấp là tập hợp các thành tạo trầm tích hình thành trong giai đoạn mực nước biển hạ từ mức cực đại đến thấp nhất và dâng tương đối chậm trong khi tốc độ trầm tích lại tương đối cao. Trong khu vực nghiên cứu, miền hệ thống trầm tích này gặp trong hầu hết các mặt cắt địa chấn nông phân giải cao và trong các lỗ khoan. Quan sát rõ ranh giới trong lỗ khoan GAT.1.

Miền hệ thống biển thấp được giới hạn bởi 2 bề mặt: i) Bề mặt bào mòn biển thấp (LES- lowstand erosion surface) hình thành trong quá trình bào mòn các thành tạo trầm tích lắng đọng trong chu kỳ trước. Quá trình bào mòn này tạo nên một bất chỉnh hợp, trong trường hợp này cũng được gọi là một ranh giới tập (SB), đánh dấu

sự kết thúc một tập trầm tích và bắt đầu một tập trầm tích mới; ii) Bề mặt biển tiến (TS) hoặc bào mòn biển tiến (RS-ravinement surface) hình thành khi tốc độ tạo không gian tích tụ vượt quá tốc độ cung cấp trầm tích.

Bề mặt bào mòn biển thấp có độ sâu từ -35m đến -75m so với mực nước biển trung bình. Nhìn chung bề mặt này nghiêng theo hướng từ lục địa ra biển. Khu vực ven bờ phía tây nam đồng bằng châu thổ Sông Hồng và phía tây bắc cửa Ba Lạt, bề mặt này nổi tương đối cao. Phần tây nam cửa Ba Lạt và phía ngoài khơi bề mặt này chìm sâu tạo ra vùng trũng sâu tới -80m ở trước cửa Ba Lạt. Các trũng này có dạng hẹp, kéo dài dạng tuyến đây chính là các thung lũng sông bị đào khoét trong giai đoạn biển thoái đầu pleistocen muộn, phần muộn (Q_1^{3b}) khi bờ biển vươn ra đến độ sâu -120m nước.

4.4.2. Miền hệ thống trầm tích biển tiến

Miền hệ thống trầm tích biển tiến bao gồm các tướng trầm tích hình thành trong suốt giai đoạn mực nước biển tương đối dâng với tốc độ lớn hơn tốc độ cung cấp trầm tích, được giới hạn dưới bề mặt biển tiến (TS-transgressive surface) hoặc bề mặt bào mòn biển tiến (RS) và giới hạn trên bởi bề mặt ngập lụt cực đại (MFS-maximum flooding surface).

Trên băng địa chấn, bề mặt ngập lụt cực đại là bất chỉnh hợp phản xạ mạnh đến trung bình, liên tục trong phần bên trong của toàn bộ các mặt cắt. Bên trên ranh giới có trường sóng nghiêng song song với liên tục biên độ phản xạ yếu đến trung bình phủ lên. Bên dưới ranh giới đặc trưng bởi trường sóng ngang song song. Độ sâu của bề mặt ngập lụt cực đại khu vực nghiên cứu dao động từ 27-30,5m so với mực nước biển hiện tại. Tại độ sâu 20-25m nước bề mặt này gần trùng với bề mặt đáy biển do trầm tích Holocen muộn ở đây rất mỏng. Trong các lỗ khoan trên đồng bằng châu thổ Sông Hồng, bề mặt ngập lụt cực đại là đáy của tướng trầm tích prodelta.

Miền hệ thống trầm tích biển tiến luôn có mặt trên các băng địa chấn. Đặc trưng trường sóng địa chấn có dạng phản xạ nằm ngang song song, độ liên tục tốt, biên độ phản xạ trung bình- mạnh (hình 2.8). Miền hệ thống trầm tích biển tiến thường lộ ra trên bề mặt đáy biển ở độ sâu lớn -20m nước. Bề dày của tập trầm tích thuộc miền hệ thống trầm tích biển tiến từ 15-20m, dày nhất thường tại các thung lũng đào

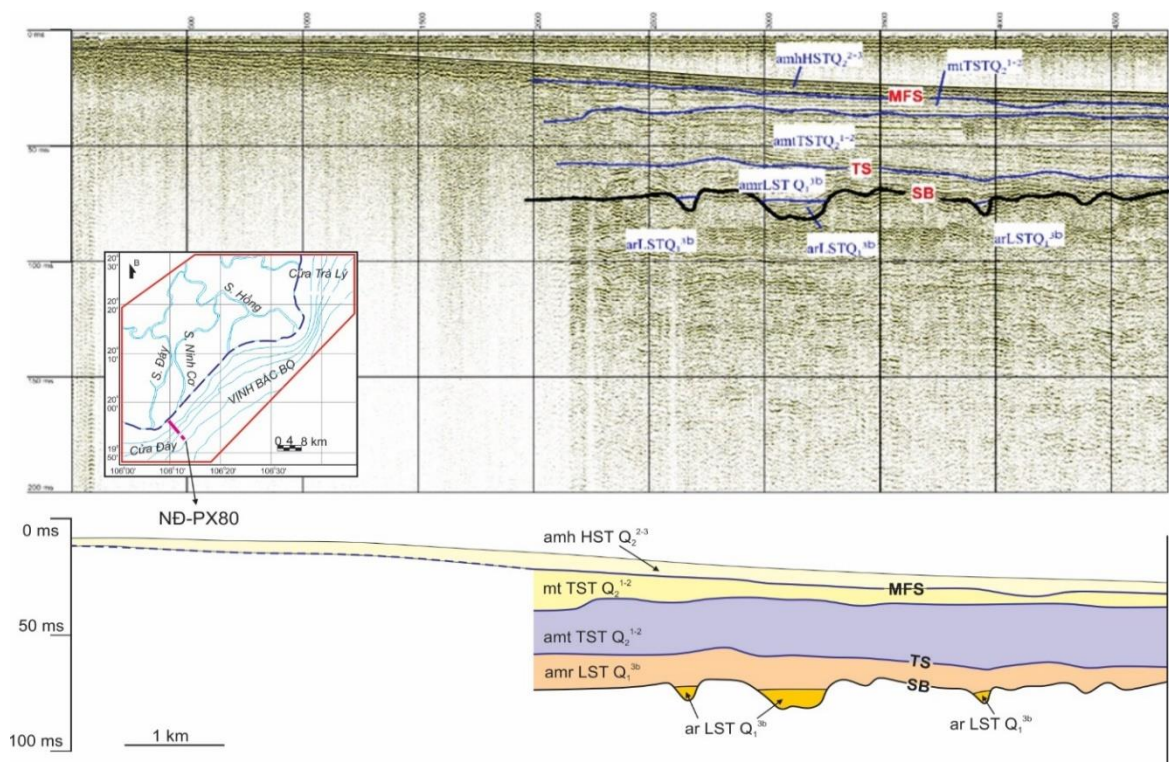
khoét, bao gồm các tướng sắp xếp từ dưới lên như sau: Cửa sông ---> Bãi triều ---> Estuary ---> Vũng vịnh. Tại các vùng nâng, mặt cắt chỉ có tướng bãi triều.

4.4.3. Miền hệ thống trầm tích biển cao

Hệ thống trầm tích biển cao theo quan niệm của địa tầng phân tập là tương đương với tập trầm tích biển thoái sau biển tiến cực đại Flandrian. Biển tiến cực đại cách ngày nay 5.000 năm và đạt độ cao khoảng +5m đã được chứng minh bằng những dấu ấn hết sức rõ nét cả hình thái ngấn biển đặc trưng, các đê cát trắng ven bờ và tuổi tuyệt đối đã được nghiên cứu nhiều nơi trên lãnh thổ Việt Nam như những sự kiện địa chất Holocen quan trọng nhất. Ở Ninh Bình, Hà Tiên, Phú Quốc và Vịnh Hạ Long đều thấy rõ 3 ngấn biển có độ cao khác nhau: +5m, +3m và +2.5m. Ngấn biển cao 5m là mực nước biển cực đại có tuổi 5.000 năm cách ngày nay, có thể so sánh với độ cao các đê cát trắng ven bờ biển Miền Trung và đảo Vân Hải ở đông bắc Việt Nam. Ngấn biển cao 3m và 2.5m trên vách đá cũng như bậc thềm cao 1m ở ven biển và thềm san hô sâu -2m ở dưới đới biển ven bờ so với mực nước biển hiện đại đã chứng minh cho những thời điểm dừng tương đối lâu trong quá trình hạ thấp mực nước biển.

Giai đoạn hạ thấp mực nước biển Holocen muộn này đóng vai trò quyết định kiến lập nên các đồng bằng rộng lớn như đồng bằng Bắc Bộ, Nam Bộ và các đồng bằng ven biển Miền Trung.

Tại phần ngập nước, miền hệ thống biển cao nằm giữa bề mặt ngập lụt cực đại và bề mặt đáy biển, còn trong vùng đồng bằng là từ ranh giới của tướng prodelta và bề mặt địa hình hiện tại. Tại vùng ngập nước, miền hệ thống trầm tích này luôn bắt gặp trên các băng địa chấn nông phân giải cao với cấu tạo đặc trưng là nghiêng song song, kê áp trên bề mặt ngập lụt cực đại. Ranh giới ngoài ứng với độ sâu 0m trên bản đồ đẳng dày HST và độ sâu đáy biển khoảng 20m nước. Bề dày miền hệ thống trầm tích này là từ 0 - 28m, giảm dần theo chiều từ bờ ra khơi. Trong vùng đồng bằng châu thổ Sông Hồng, bề dày tương đối ổn định, mặt cắt cộng sinh tướng trầm tích cũng ổn định tương tự, từ dưới lên bao gồm các tướng: Prodelta ---> Tiền châu thổ ---> Bãi triều ---> Đồng bằng châu thổ.



Hình 4. 8. Mặt cắt địa chấn nông phân giải cao tuyến ND-PX80

4.5. Tiến hóa trầm tích giai đoạn Pleistocen muộn - Holocen đới bờ châu thổ Sông Hồng

Trầm tích giai đoạn Pleistocen muộn, phần muộn - Holocen đới bờ châu thổ Sông Hồng hình thành và phát triển theo một tập hoàn chỉnh với 3 miền hệ thống: miền hệ thống trầm tích biển thấp (LST) từ 30.000 đến 18.000 năm BP; miền hệ thống trầm tích biển tiến (TST) từ khoảng 18.000 đến 5.000 năm BP; và miền hệ thống trầm tích biển cao (HST) từ 5.000 năm BP đến nay là giai đoạn hình thành nên đồng bằng châu thổ Sông Hồng.

4.5.1. Giai đoạn biển thoái (khoảng 30.000 đến 18.000 năm BP)

Giai đoạn bồi lấp thung lũng cắt xẻ diễn ra vào cuối Pleistocen muộn, phần muộn - giữa Holocen sớm khi biển tiến vào khu vực ven biển châu thổ Sông Hồng qua hệ thống thung lũng cắt xẻ Đệ tứ muộn.

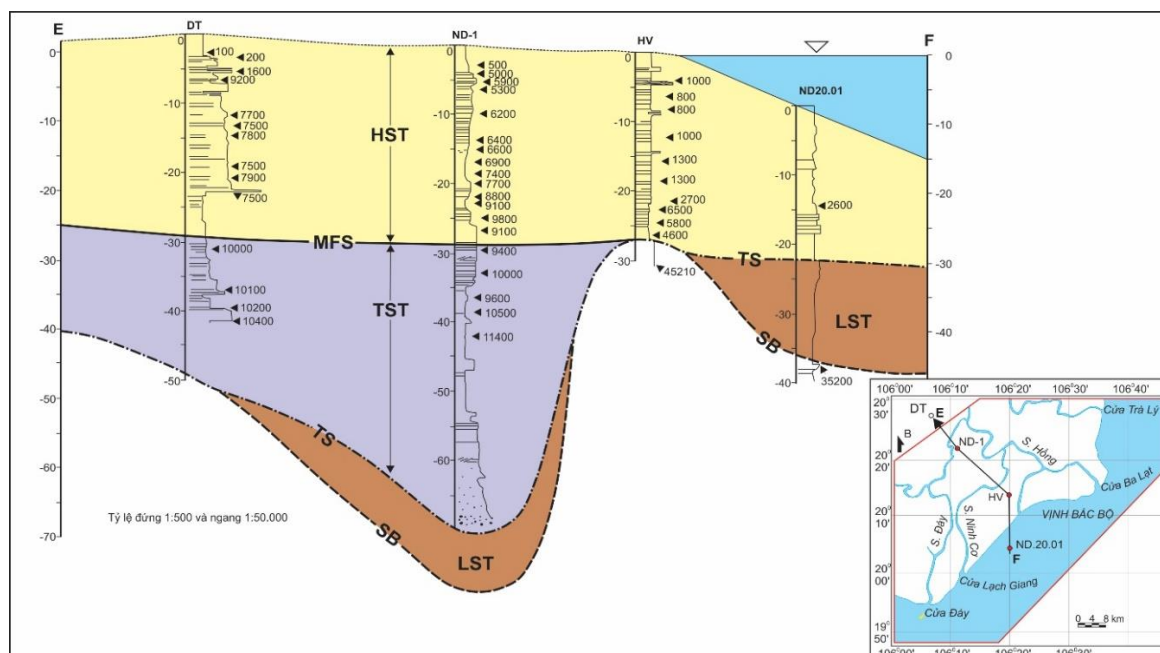
Trước khi biển tiến vào vùng nghiên cứu, quá trình phong hoá bóc mòn các trầm tích thuộc hệ tầng Vĩnh Phúc là quá trình chủ đạo trong khu vực nghiên cứu. Kết quả

thu thập xử lý tài liệu lỗ khoan và xây dựng sơ đồ đẳng sâu bề mặt Pleistocen muộn đã xác định được thung lũng cắt xẻ lớn nhất thời kỳ Pleistocen muộn.

Hoạt động cắt xẻ và tích tụ một nhóm tướng trầm tích aluvi gồm 2 tướng (từ dưới lên): tướng cát lòng sông đa khoáng có độ chọn lọc, mài tròn kém phủ trực tiếp trên bề mặt bào mòn của lòng sông và tướng bột sét bãi bồi. Tướng cát lòng sông phân bố thành 2 dải chạy từ đất liền ra biển. Dải cát lòng sông thứ nhất chạy từ Hưng Yên về Hải Hậu (Nam Định) gặp ở độ sâu từ 75-56m có bề dày từ 15-25m. Đây là lòng sông chính của Sông Hồng cổ.

Quá trình phong hóa thấm đọng (infiltration weathering) trầm tích bột sét tuổi Q_1^{3a} thuộc hệ tầng Vĩnh Phúc, bị phơi lộ ở những địa hình cao thuận lợi cho nước ngầm hoạt động. Đây là quá trình laterit hóa tầng bột sét châu thổ tạo ra một tầng “bột sét loang lổ” có ý nghĩa như một tầng đánh dấu.

Bề mặt bào mòn phong hóa thấm đọng phân bố rộng khắp từ trên các đồng bằng ven biển đến độ sâu -100m nước trên thềm lục địa Việt Nam đã tạo nên một ranh giới chéo về địa tầng có tuổi trẻ dần từ đất liền ra biển (30.000 - 18.000 năm BP) chạy dài hàng trăm cây số.



Hình 4. 9. Sơ đồ liên kết tướng trầm tích đới bờ châu thổ Sông Hồng (tuyến E-F)

4.5.2. Giai đoạn biển tiến (18.000 đến 5.000 năm BP)

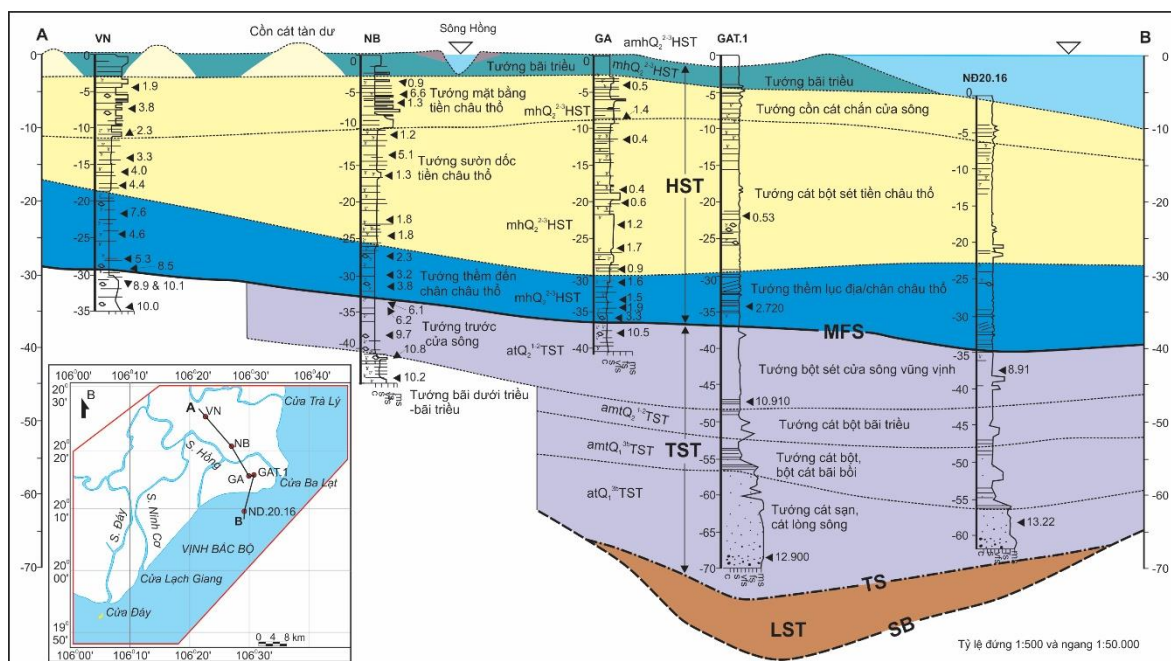
Quá trình biển tiến Flandrian bắt đầu từ thời điểm 18.000 năm BP từ độ sâu -100 đến -120m nước. Trong khi vùng nghiên cứu độ sâu đáy thung lũng cắt xẻ là trên dưới -70m. Nghĩa là trong thời gian đầu biển tiến Flandrian, mực biển ở xa vùng nghiên cứu. Thung lũng cắt xẻ ở vùng nghiên cứu vẫn chưa chuyển sang chế độ bồi lấp. Quá trình dâng liên tục của mực nước biển, đến khoảng 15.000 - 13.000 năm BP mực xâm thực cơ sở trong thung lũng cắt xẻ tăng dần, thung lũng cắt xẻ chuyển từ chế độ đào khoét sang chế độ bồi lấp. Giai đoạn này, hình thành các thành tạo trầm tích lục địa do động lực sông thống trị thuộc hệ thống trầm tích biển tiến (TST) ở khu vực cửa Ba Lạt và dọc theo đáy thung lũng cắt xẻ ngược lên khu vực Hà Nội. Độ sâu đáy thung lũng cắt xẻ ở cửa Ba Lạt là -70m. Đến thời điểm 10.000 năm BP đạt ở mức từ -60 đến -50m. Trong khi, bề mặt phong hoá loang lổ khu vực nghiên cứu có độ sâu trung bình từ -20 đến -30m. Điều đó cho thấy trong giai đoạn này đường bờ dịch chuyển về phía lục địa theo lòng thung lũng cắt xẻ, còn bề mặt địa hình Pleistocen muộn vẫn ở chế độ phong hoá bóc mòn.

Giai đoạn biển tiến Holocen sớm - giữa tương ứng với miền hệ thống trầm tích biển tiến (Q_1^{3b} - Q_2^2) TST gồm các tướng từ dưới lên:

- Tướng cát bùn biển tiến (at): Bắt đầu pha biển tiến, từ độ sâu -100m nước, đường bờ cổ của băng hà Wurm 2 (30.000-18.000 năm BP), mực nước biển dâng cao với tốc độ 5 mm/năm. Khi đường bờ dịch chuyển từ độ sâu -100 m nước lên độ sâu -30m nước rồi nhưng trên phần đất liền Sông Hồng vẫn đang hoạt động bình thường và tạo nên một nhịp tướng cát bột (at TST). Trong hàng loạt các lỗ khoan máy từ khu vực Hà Nội, Hưng Yên, Thái Bình và Nam Định đều thấy rõ nhịp trầm tích biển tiến nằm trên bề mặt bào mòn của nhịp aluvi biển thoái (arLST). Các mặt cắt địa chấn nông phân giải cao thu nổ ở khu vực biển ven bờ châu thổ Sông Hồng đều thấy rõ 2 nhịp trầm tích atTST và arLST. Nhịp atTST biển tiến có trường sóng mịn hơn biểu thị tần số phản xạ cao hơn do thành phần độ hạt của cát lòng sông và sét bột bãi bồi mịn hơn nhịp aluvi dưới.

- Các tướng trầm tích chuyển tiếp sông - biển biển tiến Holocen sớm - giữa (11.000 – 6.000 năm BP) gồm: (1) Tướng bùn cát đồng bằng triều biển tiến có độ chọn

lọc và mài tròn tốt; (2) Tường bùn đầm lầy gian triều ven biển và cửa sông estuary; tường sét đầm lầy tạo than ven biển. Phức hệ tường này phát triển lan tỏa từ đới bờ hiện tại đến đới ven rìa đồng bằng thì dừng lại khi mực nước biển đạt cực đại ở độ cao +5m tạo ra một ngấn biển sâu 3m trên vách đá vôi ở Ninh Bình (Gia Viễn, Tràng An). Ở ngoài khơi, hình thành tường bùn biển nông ven bờ biển tiến.



Hình 4. 10. Sơ đồ liên kết tường trầm tích đới bờ châu thổ Sông Hồng (tuyến A-B)

4.5.3. Giai đoạn biển thoái (5.000 năm BP đến nay)

Giai đoạn châu thổ diễn ra đầu Holocen giữa - Holocen muộn. Khi tốc độ tích tụ trầm tích lớn hơn tốc độ tạo không gian tích tụ của bồn trầm tích, châu thổ bắt đầu hình thành và phát triển. Các kết quả nghiên cứu ở Việt Nam và lân cận cho rằng thời gian bắt đầu hình thành châu thổ vào khoảng 7.000 - 6.000 năm BP. Tại thời điểm 5.000 năm BP mực nước biển dâng cực đại và chuyển sang chế độ biển lùi bắt buộc.

Giai đoạn biển thoái Holocen muộn hình thành và tiến hóa châu thổ Sông Hồng tương ứng với miền hệ thống trầm tích biển cao.

Giai đoạn biển thoái Holocen giữa - muộn (Q_2^{2-3}) châu thổ Sông Hồng được bồi đắp mạnh mẽ. Đường bờ dịch chuyển từ đất liền ra biển theo 3 chu kỳ tăng trưởng. Mỗi chu kỳ được đánh dấu bằng một đới đường bờ cổ. Trên đồng bằng Sông Hồng có 3 đới đường bờ cổ có tuổi 3.000 - 2.500 năm BP, 1.500 - 1.000 năm BP và 500 -

200 năm. Mỗi thể hệ đường bờ cổ có mặt 2 chum giếng cát đối xứng qua cửa sông. Cổ có dạng như một chum hoa được gọi là thùy châu thổ.

Quá trình tăng trưởng châu thổ theo cơ chế “còn ghép còn” trong bối cảnh dư thừa trầm tích. Giếng cát cấu thành các thùy châu thổ nguyên là còn cát cửa sông. Mỗi còn cát được hình thành qua 4 giai đoạn dưới sự tác động của 3 yếu tố thủy động lực là sông, sóng và dòng chảy ven bờ: (1) giai đoạn 1: sông mang vật liệu trầm tích (cát, bột, sét) với một khối lượng lớn hàng năm lắng đọng và tôn cao đáy biển ven bờ; (2) Giai đoạn 2: đới sóng đỏ và dòng chảy ven bờ tạo nên còn cát ngầm; (3) còn cát ngầm nổi cao thành đảo cát cửa sông do sóng bão; (4) Quá trình bồi tụ “hồi quy” biến lagoon cửa sông thành lạch triều và đầm lầy ven biển phát triển rừng mangrove. Theo chiều hướng đó tương tiền châu thổ sẽ được thay thế bởi tương đồng bằng châu thổ diễn ra từ 40 - 50 năm/ 1 chu kỳ.

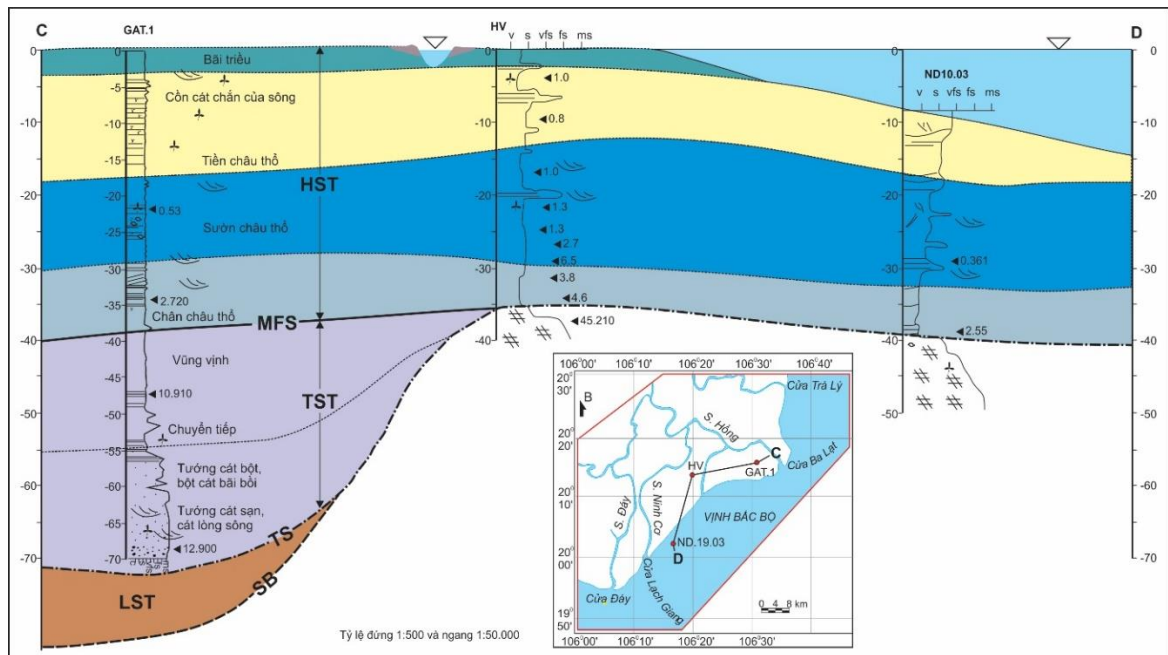
Kết quả đã tạo nên một cấu trúc châu thổ gồm 2 nhánh: (1) Nhánh 1: châu thổ chôn vùi nằm trên phần đất liền và (2) Nhánh 2: châu thổ ngầm nằm ở phần ngập nước từ 0 - 20m nước.

Đồng thời với quá trình tăng trưởng nhóm tương châu thổ nhóm tương aluvi cũng tăng trưởng theo và phủ bắt chỉnh hợp trên bề mặt bào mòn của tương đồng bằng châu thổ tạo nên 2 tổ hợp cộng sinh tương: (1) Tổ hợp cộng sinh tương theo không gian (từ đất liền ra biển gồm các nhóm tương aluvi → đồng bằng châu thổ → châu thổ ngầm; Theo mặt cắt (theo thời gian) từ dưới lên gồm nhóm tương prodelta → tiền châu thổ → đồng bằng châu thổ.

+ Nhóm tương aluvi hiện đại phủ bắt chỉnh hợp trên nhóm tương đồng bằng châu thổ.

+ Nhóm tương châu thổ chôn vùi nằm trên phần đất liền gồm 3 tương (từ dưới lên): Tương sét prodelta; Tương bùn cát tiền châu thổ; Tương bột sét và tương còn cát ĐBCT.

+ Nhóm tương châu thổ ngầm.



Hình 4. 11. Sơ đồ liên kết tương trầm tích đới bờ châu thổ Sông Hồng (tuyến C-D)

4.6. Biến động bãi bồi ven biển châu thổ Sông Hồng

4.6.1. Quá trình hình thành và phát triển các bãi bồi

Quá trình hình thành và phát triển châu thổ cũng như các bãi bồi ven biển châu thổ Sông Hồng (từ cửa Ba Lạt đến cửa Đáy) có mối liên quan mật thiết với dao động mực nước biển sau đợt băng hà cuối cùng. Dao động mực nước biển làm thay đổi cơ bản môi trường trầm tích so với trước đó, tạo điều kiện hình thành các châu thổ hiện đại trên thế giới nói chung cũng như châu thổ Sông Hồng.

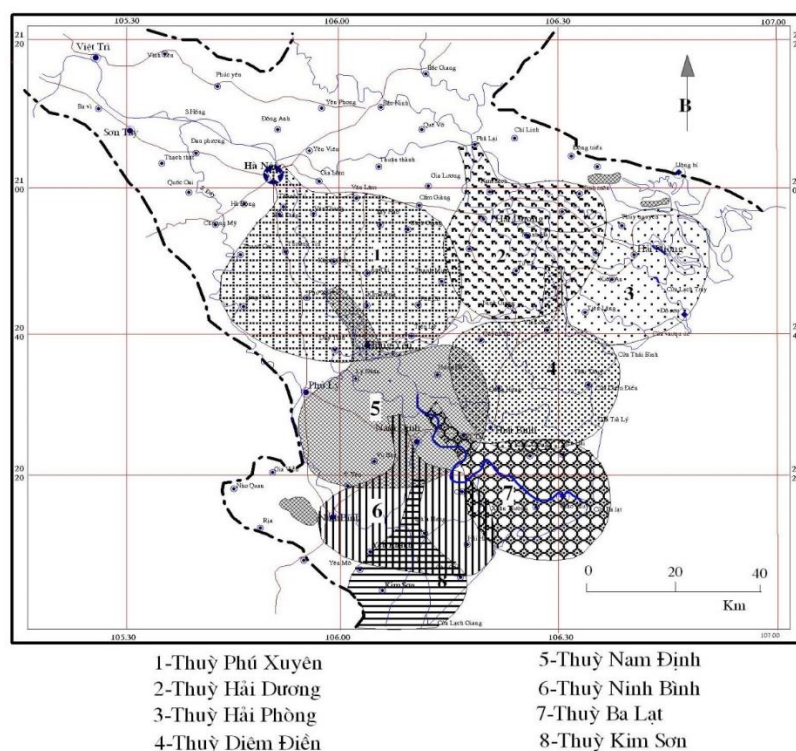
Hầu hết các châu thổ hiện đại Holocen trên thế giới bắt đầu hình thành trong khoảng thời gian 7.400 - 9.500 năm BP (Stanley and Warne, 1994), trong đó châu thổ Sông Hồng bắt đầu hình thành vào khoảng 8.500 năm BP (Hori et al., 2004).

Đồng bằng châu thổ không phát triển rộng và đồng đều cùng một lúc, quá trình phát triển tập trung theo từng thùy châu thổ. Thùy châu thổ là đơn vị cấu trúc nhỏ nhất của châu thổ, là phần nhô ra ở bờ biển, hình thành tại nơi sông đổ vào đại dương, biển, hồ hay vũng vịnh và vật liệu được cung cấp nhanh hơn so với việc chúng bị phân tán bởi các quá trình động lực của biển (Elliot, 1986). Nghiên cứu lịch sử phát triển đồng bằng châu thổ Sông Hồng, Doãn Đình Lâm (2008) đã xác định 8

thùy châu thổ hình thành nối tiếp theo thời gian gồm: Thùy Phú Xuyên, thùy Nam Định, thùy Hải Dương, thùy Hải Phòng, thùy Ninh Bình, thùy Ba Lạt, thùy Kim Sơn, thùy Diêm Điền trong đó thùy Kim Sơn và thùy Ba Lạt là 2 thùy trẻ nhất, bắt đầu hình thành khoảng 2.000 năm BP và vẫn đang trong quá trình phát triển (Hình 4.13).

Mặt cắt địa chất Holocen vùng ven biển được thành lập qua 3 lỗ khoan sâu ở các khu vực (1) lỗ khoan GAT.1 cửa Ba Lạt (Trần Ngọc Diễn và nnk, 2021), (2) LKHV ở bãi bồi ven biển Hải Hậu (Tanabe và nnk, 2006) và (3) NĐ19.03 ở vùng biển ven bờ (-10m) nước (Trần Ngọc Diễn và nnk, 2020), trong đó lỗ khoan GAT.1 nằm trên thung lũng cắt xẻ của hệ thống Sông Hồng cổ trong Holocen.

Các tướng trầm tích châu thổ được xác định tại lỗ khoan GAT.1 gồm 5 tướng trầm tích (tướng chân châu thổ, tướng cát bột sét tiền châu thổ, tướng cồn cát chắn cửa sông, tướng cát bột sét bãi triều hỗn hợp, tướng sét bột aluvi đồng bằng châu thổ), các lỗ khoan HV và NĐ19.03 cũng bắt gặp nhóm tướng trầm tích châu thổ, tuy nhiên lỗ khoan NĐ19.03 ở vùng biển ven bờ nên chưa hình thành các tướng phân trên của đồng bằng châu thổ (Hình 4.12).



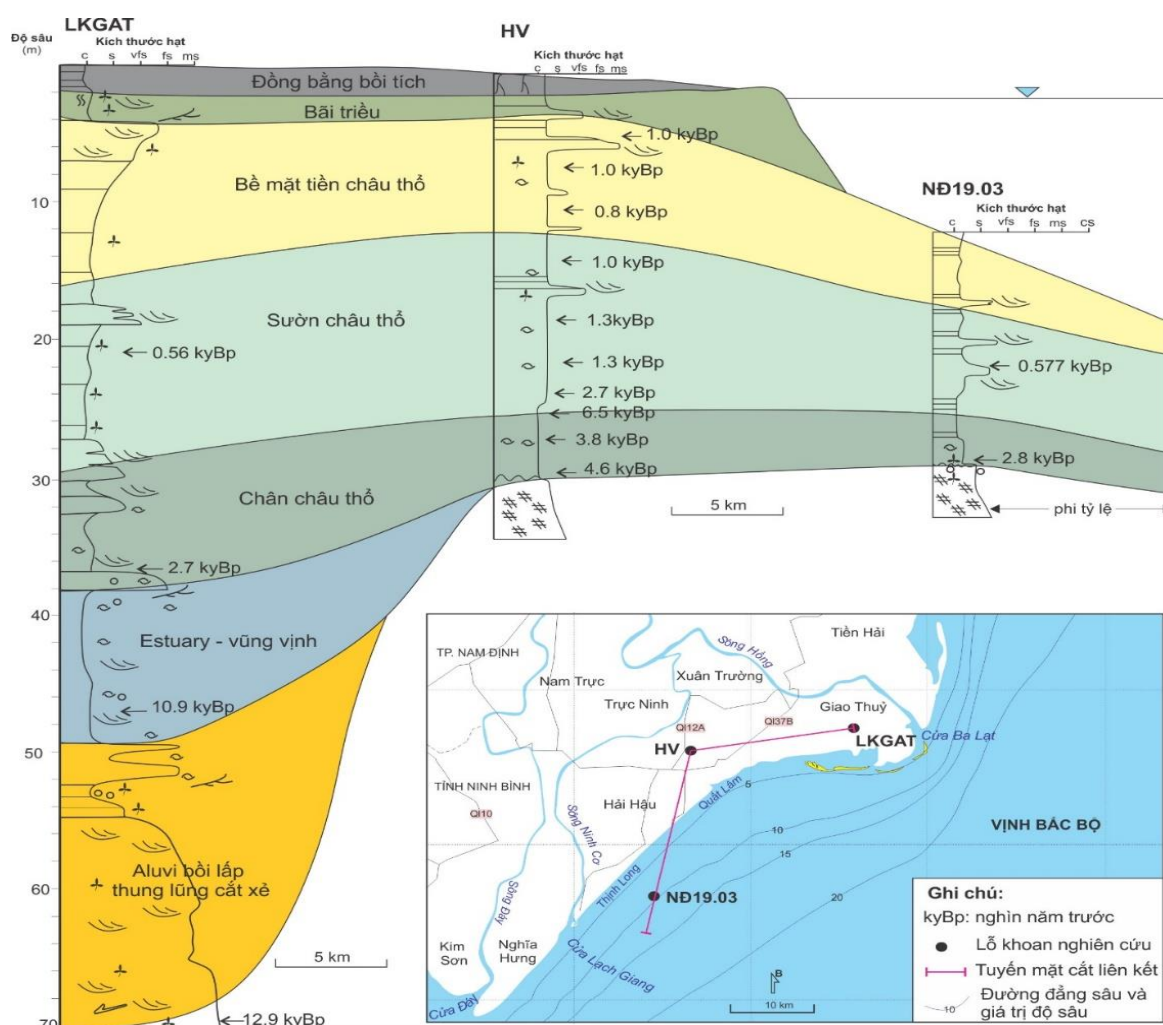
Nguồn: Doãn Đình Lâm, 2007

Hình 4. 12. Sơ đồ tiến hóa các thùy châu thổ đồng bằng Sông Hồng

Từ mặt cắt các lỗ khoan, thông qua tương trầm tích và tuổi tuyệt đối có thể thấy thời gian bắt đầu hình thành châu thổ được ghi nhận sớm hơn ở khu vực Hải Hậu, tương trầm tích chân châu thổ bắt đầu hình thành tại lỗ khoan HV (vùng bãi bồi cao của Hải Hậu) có tuổi 4.600 năm BP và tại lỗ khoan NĐ19.03 (vùng biển ven bờ Hải Hậu - 10m nước) là sau 2.813 năm BP. Trong khi đó tại lỗ khoan GAT.1 (vùng bãi bồi cao khu vực cửa Ba Lạt) trầm tích chân châu thổ có tuổi 2.740 năm BP.

Quá trình vận chuyển phù sa trước đây qua sông Sò hình thành thùy châu thổ Hải Hậu, quá trình phát triển thùy châu thổ, vùng cửa sông được bồi tụ mạnh dẫn đến độ dốc giảm dần, khi đạt đến ngưỡng cân bằng, động lực sông sẽ suy yếu và đổi dòng, thùy châu thổ đã trưởng thành và chuyển sang giai đoạn suy tàn và một phần của thùy châu thổ sẽ bị phá hủy bởi động lực của biển. Đoạn sông bị suy yếu, dần bị suy thoái dẫn đến dòng chảy của Sông Hồng chuyển hướng khác và chảy ra hướng chính qua cửa Ba Lạt hiện nay. Theo Trần Nghi (2018), từ trước năm 1787 lòng Sông Hồng chính đã từng chảy qua Hải Hậu và đổ ra cửa Hà Lạn. Song đến năm 1787 xuất hiện một cơn lũ lịch sử làm vỡ đê, làm lấp cạn và thu hẹp Sông Hồng. Từ đó Sông Hồng trở thành Sông Sò và lòng chính di chuyển giữa Thái Bình và Nam Định, đổ ra cửa Ba Lạt.

Sự suy tàn của thùy Hải Hậu đã bắt đầu cách đây hơn 100 năm, do vậy hiện tượng xói lở các bãi bồi ven biển Hải Hậu diễn ra suốt hàng 100 năm qua tuân theo quy luật hình thành, phát triển và suy tàn của thùy châu thổ Hải Hậu. Quá trình đổi dòng chính của Sông Hồng sang cửa Ba Lạt làm cho quá trình bồi tụ ở cửa Ba Lạt diễn ra rất mạnh từ 100 năm trở lại đây và còn tiếp tục phát triển trong tương lai. Còn đối với vùng bãi bồi Nghĩa Hưng - Kim Sơn được sông Đáy cung cấp nguồn phù sa để bồi đắp liên tục trong quá khứ, tuy nhiên động lực sông Đáy ngày càng giảm, tốc độ sẽ giảm dần trong tương lai.



Hình 4. 13. Mặt cắt địa chất Holocen bãi bồi ven biển Giao Thủy - Hải Hậu

4.6.2. Biến động các bãi bồi trong giai đoạn Holocen hiện đại

Biến động các bãi bồi ven biển trong giai đoạn Holocen hiện đại (khoảng 100 năm trở lại đây) được đánh giá trên cơ sở biến động về mặt địa hình và biến động về môi trường trầm tích thông qua việc phân tích tương trầm tích. Vùng nghiên cứu có thể chia thành 3 vùng biến động có những đặc trưng khác biệt gồm khu vực cửa Ba Lạt, khu vực ven biển Giao Thủy - Hải Hậu và khu vực bãi triều Nghĩa Hưng và Kim Sơn.

Biến động bãi bồi khu vực cửa Ba Lạt:

Trong hơn 100 năm qua (từ 1912 đến nay) bãi bồi tại khu vực cửa Ba Lạt chịu tác động xen kẽ của quá trình bồi và xói với ưu thế là hoạt động bồi tụ, đường bờ dịch

chuyển ra phía biển với kiểu địa mạo cửa sông lồi, nhô ra so với đường bờ bởi sự hình thành các bar cát cửa sông kết hợp với phát triển các bãi triều sau bar.

Tính từ năm 1912 đường bờ ở khu vực cửa sông dịch ra phía biển lớn nhất là 8,5km. Bãi bồi mở rộng dần theo cơ chế lắng đọng trầm tích vùng cửa sông có động lực sóng và sông chiếm ưu thế. Ban đầu, dòng chảy sông vận chuyển các trầm tích hạt thô (chủ yếu là cát), hình thành các cồn cát ngầm chắn cửa, khi cồn chắn lớn dần, dưới tác động của sóng sẽ phân bố lại các cồn chắn thành dạng các cung chắn (spit) hay còn gọi là các đảo chắn cát hình cánh cung vòng từ cửa sông sang 2 bên bờ tạo điều kiện cho các trầm tích hạt mịn được vận chuyển bởi các dòng triều lắng đọng sau các cung chắn hình thành các tướng trầm tích bãi triều sau bar.

Theo cơ chế này bãi bồi lớn dần theo thời gian và vươn ra phía biển dưới dạng các mũi nhô hình cánh cung, trong hơn 100 năm qua với diện tích bồi khoảng lần tại cửa Ba Lạt đạt khoảng 10.800 ha, với phần lớn diện tích nằm ngoài đê biển hiện nay; trong đó khu vực phía Nam (Giao Thủy) chiếm 58% diện tích, ven biển phía Bắc (Tiền Hải) chiếm 42%. Trong tương lai vùng cửa Ba Lạt vẫn tiếp tục vươn ra biển theo cơ chế sông và sóng thống trị theo quy luật các cồn cát thành tạo trước cửa sông, phát triển thành các bar cát dạng cánh cung, sau bar là trầm tích bãi triều. Sau khi thùy Ba Lạt phát triển đến giai đoạn cuối, hình thành các tướng trầm tích bãi bồi cao hoàn toàn do sông thống trị, dòng chảy Sông Hồng sẽ hình thành thùy châu thổ mới. Cửa Sông Hồng có xu thế dịch chuyển về phía Tây Nam dần dần sẽ hình thành thùy châu thổ mới dịch dần về phía Quất Lâm.

Biến động bãi bồi ven biển Giao Thủy - Hải Hậu

Bãi bồi ven biển Giao Thủy - Hải Hậu từ xã Giao Long - Giao Thủy đến thị trấn Thịnh Long - Hải Hậu, từ 1912 đến nay có sự biến động do xói lở là chủ yếu, đường bờ có xu thế dịch chuyển vào phía đất liền:

Hơn 100 năm qua dải bãi bồi ven biển Giao Thủy- Hải Hậu từ cửa Ba Lạt đến cửa Lạch Giang (không tính phạm vi phần cửa sông) chịu tác động xói lở là chủ yếu, đường bờ dịch chuyển khá sâu vào trong đất liền, trung bình khoảng hơn 1.000m tính từ năm 1912 đến nay. Hiện nay hoạt động xói lở cũng vẫn đang xảy ra, tuy nhiên

đường bờ đã được bảo vệ bởi hệ thống đê biển nhưng hệ thống đê biển thường xuyên bị sóng biển tàn phá.

Trước năm 1912 bãi bồi ven biển Hải Hậu đã phát triển tương đối hoàn chỉnh như một bãi bồi cao gồm các tướng cồn cát tàn dư và sét bột đồng bằng ngập lụt, dân cư đã sinh sống ổn định trên các bãi bồi, nhiều công trình lớn kiên cố như các nhà thờ được xây dựng như nhà thờ Hải Lý, Hải Hậu, đến nay sự xói lở bờ biển đã ăn sâu vào đất liền, lấn qua cả chân nhà thờ đổ Hải Lý, công trình này đã được bảo vệ bởi hệ thống đê chắn sóng nhô ra khỏi đường bờ biển hiện nay.

Sự biến động chuyển trạng thái từ bồi sang xói được xác định từ nhiều nguyên nhân khác nhau, nguyên nhân cơ bản nhất là sự biến đổi của dòng Sông Hồng vùng ven biển, dòng chính trước đây chảy qua sông Sò, là con sông vận chuyển chính nguồn trầm tích để bồi đắp cho bãi bồi ven biển Hải Hậu, khi sông Sò bị suy thoái dần, dòng chính chuyển sang cửa Ba Lạt, vùng ven biển Hải Hậu thiếu hụt nguồn trầm tích, trầm tích từ Sông Hồng chuyển chủ yếu qua cửa Ba Lạt.

Khu vực cửa Ba Lạt bồi tụ mạnh liên tục trong khoảng 100 năm trở lại đây, hình thành bãi bồi vùng cửa sông nhô ra biển như một mỏ hàn tự nhiên tạo hiệu ứng khuất gió của mỏ hàn tự nhiên xảy ra bóng động lực do tác động của dòng năng lượng sóng hướng Đông Bắc cùng với sự tiến ra phía biển của mỏ hàn tự nhiên vùng xói lở chạy dần từ Bắc xuống Nam (từ Hải Lý đến Hải Thịnh).

+ Đoạn bờ bồi tụ - xói lở diễn ra xen kẽ và thiên về trạng thái bồi tụ, là khu vực các xã Giao Long - Bạch Long (huyện Giao Thủy). Phương thức bồi tụ nhân tạo chủ yếu do quai đê lấn biển, đã diễn ra mạnh mẽ trong những năm 1960-1980; vùng bồi tụ có chiều rộng lớn nhất tới 5.300 m.

+ Đoạn bờ xói lở chính thuộc ven biển huyện Hải Hậu, có chiều dài 23,5km, từ xã Hải Đông đến xã Hải Hòa. Đoạn bờ biển bị xói lở mạnh nhất thuộc khu vực Văn Lý (xã Hải Lý), có chiều rộng vùng xói lớn nhất tới 1.350 m. Hiện tượng xói lở ở đây đã diễn ra liên tục trong hơn 100 năm qua.

+ Đoạn bờ bồi tụ - xói lở với cường độ trung bình, thuộc ven biển thị trấn Thịnh Long (Hải Hậu). Khu vực này, doi cát ven cửa sông Ninh Cơ phát triển kéo dài trong khoảng 90 năm (1912-2005), sau đó bị xói lở mạnh trong những năm gần đây.

Tại vị trí doi cát cửa Lạch Giang, ngành Giao thông đã xây dựng tuyến luồng đường thủy mới đi vào sông Ninh Cơ. Từ cuối năm 2015 luồng tàu đã hoạt động, tàu thuyền có thể đi đến các cảng thủy nội địa khu vực phía nam ĐBSH.

Bãi bồi ven biển từ xã Giao Long - Giao Thủy đến thị trấn Thịnh Long - Hải Hậu, trước năm 1912 đã là bãi bồi.

Biến động bãi bồi ven biển từ cửa Lạch Giang đến bãi bồi Kim Sơn

Trong thời gian gần 100 năm qua (1921-2020), ven biển từ cửa Lạch Giang - cửa Đáy và lân cận đã có những biến động rất mạnh bởi quá trình bồi tụ - xói lở và thiên về trạng thái bồi tụ rất mạnh.

+ Vùng bãi bồi ven biển Nghĩa Hưng - Kim Sơn sau gần 100 năm có diện tích mở rộng tới 18.100ha, trong đó phía huyện Nghĩa Hưng có 10.190ha (chiếm 56,3%), phía Kim Sơn có 7.910 ha (chiếm 43,7%).

+ Ven biển huyện Nghĩa Hưng: trong giai đoạn từ năm 1921 đến 2020, bờ biển Nghĩa Hưng đã lấn ra biển từ 6,5km (phía cửa Lạch Giang) đến 15,6km (phía cửa Đáy). Như vậy, đường bờ biển Nghĩa Hưng phát triển về phía biển đạt từ 65m/năm đến 156m/năm, trung bình là 110m/năm.

+ Ven biển huyện Kim Sơn: sau gần 100 năm đường bờ lấn về ra biển từ 6,6km (phía cửa Lạch Càn) đến 11,6km (phía cửa Đáy); Tương đương tốc độ lấn ra biển từ 66m/năm đến 116m/năm, trung bình là 91m/năm.

+ Khu vực các cửa sông: Cửa Đáy và cửa Lạch Giang là những cửa sông lớn ở phía Nam châu thổ sông Hồng; ngoài chức năng tiêu thoát nước lũ, các cửa sông này còn là các tuyến giao thông thủy quan trọng, nhưng chúng đã có nhiều biến động do thiên nhiên và các hoạt động chỉnh trị:

1) Cửa Lạch Giang có quá trình phát triển phức tạp bởi xói lở và bồi tụ; trục lòng dẫn liên tục thay đổi hướng chảy. Gần đây công trình luồng giao thông thủy mới được xây dựng làm thay đổi diện mạo cửa sông Ninh Cơ.

2) Cửa Đáy liên tục phát triển và kéo dài về phía biển. Sự phát triển doi cát bên bờ biển Nghĩa Hưng đã đẩy trục lòng dẫn cửa Đáy chuyển dịch về phía Tây, hình thành những đỉnh cong mới ở lòng dẫn ven biển. Sự thay đổi hướng chảy ở cửa Đáy

có ảnh hưởng lớn tới tuyến giao thông thủy ra vào trong sông và khả năng tiêu thoát nước lũ vào mùa mưa từ phía châu thổ.

Về cơ chế bồi lắng khu vực cửa Đáy ở hai bên bờ có cơ chế bồi lắng thay đổi theo thời gian khác nhau. Giai đoạn ban đầu (1912-1935) khu vực hai bên cửa Đáy hình, các trầm tích hạt thô được vận chuyển từ lục địa ra ngoài cửa sông hình thành các bãi ngầm chắn cửa, phân bố rộng từ cửa Lạch Giang đến cửa Đáy, hướng dòng chảy từ cửa Đáy đổ ra biển gần với phương Bắc-Nam. Sau giai đoạn 1935, môi trường trầm tích chịu chi phối chủ yếu của động lực sông và triều, với cơ chế này vùng cửa cửa Đáy bồi lấn ra biển dưới dạng các cồn cát ngầm.

Sau giai đoạn 1965 sự thống trị của sóng chiếm ưu thế trong quá trình trầm tích vùng cửa Đáy ở phía bờ Nghĩa Hưng các cồn ngầm có sự phân bố lại dưới tác động của sóng biển và thủy triều, hình thành các cồn cát và hệ thống các bar cát song song với đường bờ dưới dạng các đảo chắn (spit), sau đảo chắn là bãi triều hỗn hợp, tương tự như cơ chế bồi tích ở cửa Ba Lạt, cấu trúc trầm tích trong các lỗ khoan tay dưới dạng các tập cát, bột, sét xen kẽ, thành phần cát chiếm ưu thế. Phần bãi bồi Kim Sơn bồi lấn ra biển theo cơ chế triều và sông thống trị, tuy nhiên động lực triều chiếm ưu thế. Kết quả các lỗ khoan tay (3m) ở bãi triều Kim Sơn thể hiện rõ cấu trúc trầm tích của bãi bồi do triều thống trị với cấu trúc 3 hợp phần của bãi triều (bãi cát triều, bãi triều hỗn hợp và bãi triều bùn).

KẾT LUẬN

1. Trầm tích Pleistocen trên - Holocen khu vực đới bờ châu thổ Sông Hồng gồm 22 tướng với ba nhóm được xếp vào 3 miền hệ thống trầm tích đặc trưng cho quá trình dao động mực nước biển và môi trường thành tạo, gồm:

- Nhóm tướng trầm tích thuộc miền hệ thống trầm tích biển thấp (aQ_1^{3b} LST) gồm: cát lòng sông; cát bãi giữa sông; cát bột bãi ven lòng và bột sét bãi bồi.

- Nhóm tướng trầm tích thuộc miền hệ thống trầm tích biển tiến (Q_1^{3b} - Q_2^1 TST) gồm: cát sạn, cát lòng sông; bột sét đồng bằng ngập lụt; bùn đầm lầy ven biển; bùn cát đồng bằng triều; bùn đầm lầy gian triều ven biển và cửa sông estuary; bùn biển nông ven bờ.

- Nhóm tướng trầm tích thuộc miền hệ thống trầm tích biển cao (Q_2^{2-3} HST) gồm: sét bột chân châu thổ; cát bột sét tiền châu thổ; cát còn cát chắn cửa sông; sét, bột sét bãi triều; cát lòng sông; bùn cát đồng bằng châu thổ cao; cát còn cát tàn dư; bùn cát đồng bằng châu thổ thấp; cát còn cát chắn cửa sông; sét bột cát bãi triều; bột sét tiền châu thổ và sét sườn châu thổ (prodelta).

2. Trong giai đoạn Pleistocen muộn - Holocen, khu vực đới bờ châu thổ Sông Hồng tồn tại một phức tạp với 3 miền hệ thống trầm tích:

- Miền hệ thống trầm tích biển thấp - LST hình thành trong giai đoạn biển thoái phân bố dọc theo các thung lũng sông bị đào khoét trong giai đoạn biển thoái đầu Pleistocen muộn, phần muộn (Q_1^{3b}). Miền hệ thống trầm tích biển thấp được giới hạn bởi 2 bề mặt: Bề mặt bào mòn biển thấp (LES) hình thành trong quá trình bào mòn các thành tạo trầm tích lắng đọng trong chu kỳ trước và bề mặt biển tiến (TS) hình thành khi tốc độ tạo không gian tích tụ vượt quá tốc độ cung cấp trầm tích.

- Miền hệ thống trầm tích biển tiến - TST hình thành trong giai đoạn biển tiến Flandrian, gồm các thành tạo trầm tích Cửa sông - Bãi triều - Estuary - Vũng vịnh. Miền hệ thống trầm tích biển tiến được giới hạn bởi bề mặt biển tiến (TS) hoặc bề mặt bào mòn biển tiến (RS) phần dưới và giới hạn trên bởi bề mặt ngập lụt cực đại (MFS).

- Miền hệ thống trầm tích biển cao - HST hình thành trong giai đoạn biển thoái sau biển tiến cực đại Flandrian, gồm các thành tạo trầm tích Prodelta - Tiền châu thổ - Bãi triều - Đồng bằng châu thổ. Miền hệ thống trầm tích biển cao được giới hạn

dưới bởi bề mặt ngập lụt cực đại (MFS) và giới hạn trên là bề mặt hiện tại của đới ven bờ châu thổ Sông Hồng.

3. Lịch sử tiến hoá trầm tích trong giai đoạn Pleistocen muộn, phần muộn - Holocen khu vực ven bờ châu thổ Sông Hồng.

- Giai đoạn biển thấp (khoảng 30.000 đến 18.000 năm BP), hình thành các thành tạo trầm tích thuộc miền hệ thống trầm tích biển thấp (LST).

- Giai đoạn biển tiến (18.000 đến 5.000 năm BP) hình thành các thành tạo trầm tích thuộc miền hệ thống trầm tích biển tiến (TST) gồm hai phụ giai đoạn: Giai đoạn 18.000 đến 10.000 năm BP (sát trước Holocen sớm đến Holocen giữa Q_2^1 - Q_2^2); Giai đoạn 10.000 đến 5.000 năm BP (Biển tiến cực đại Holocen giữa).

- Giai đoạn biển cao (5.000 năm BP đến nay) hình thành các thành tạo trầm tích thuộc miền hệ thống trầm tích biển cao (HST).

4. Trong 100 năm qua, biến động các bãi bồi ven biển châu thổ Sông Hồng đặc trưng bởi (1) vùng bồi tụ do sông và sóng thống trị tại các bãi bồi khu vực Cửa Ba Lạt và bãi bồi Nghĩa Hưng, (2) vùng bồi do triều và sóng thống trị khu vực bãi bồi Kim Sơn và (3) vùng xói lở do sóng thống trị tại bãi bồi ven biển Hải Hậu.

- Khu vực cửa Ba Lạt và bãi bồi Nghĩa Hưng được bồi tụ liên tục theo cơ chế sông và sóng thống trị với đặc điểm tương bar cát ven bờ với bãi triều hỗn hợp sau bar. Cửa Ba Lạt vẫn đang trong giai đoạn phát triển của thùy châu thổ và tiếp tục bồi lắng theo cơ chế sông và sóng thống trị, có xu thế phát triển cửa sông lệch về phía đông nam.

- Khu vực bãi bồi ven biển Hải Hậu và một số xã ven biển phụ cận thuộc huyện Giao Thủy quá trình xói lở vẫn tiếp tục diễn ra theo quy luật tự nhiên của một thùy châu thổ ở giai đoạn lụi tàn.

- Khu vực bãi bồi Kim Sơn hoạt động của thùy triều tiếp tục vận chuyển các vật liệu bồi đắp các cồn ngầm phát triển thành vùng bán ngập, các bãi triều ven biển và tiếp tục phát triển thành đồng bằng bồi tích. Bãi bồi Kim Sơn lấn ra biển theo cơ chế sông và triều thống trị, với cấu trúc bãi triều theo mặt cắt từ dưới lên gồm 3 phần: (1) bãi cát triều, (2) bãi triều hỗn hợp và (3) bãi triều bùn sét.

DANH MỤC CÔNG TRÌNH CÔNG BỐ

1. **Trần Ngọc Diễn**, Vũ Văn Hà, Nguyễn Tiến Thành, Nguyễn Thị Thu Cúc, Nguyễn Minh Quảng, Dương Tuấn Ngọc, Vũ Ngọc Tuyên, Ngô Thị Đào, Đặng Minh Tuấn, Nguyễn Thanh Hằng. *Đặc điểm tương trầm tích Holocen châu thổ ngàm Sông Hồng tại lỗ khoan KMB.ND19.03*. Tạp chí Địa chất, Loạt A, số 369-370/2020, tr.1-13.
2. Tran Nghi, Do Tien Hung, Trinh Hoai Thu*, Renat Shakirov, Nadezhda Syrbu**, Ngo Quang Toan, Hoang Anh Khien, Tran Thi Thuy Huong, Natalia Lee, Dinh Xuan Thanh, Tran Thi Thanh Nhan, Nguyen Thi Huyen Trang, Nguyen Thi Phuong Thao, Tran Thi Dung, and **Tran Ngoc Dien**. *The Relationship between Sequence Stratigraphy and Groundwater of Quaternary Sediments in Relation to Global Sea-level Change in the Downstream Red River Delta Area*. ISSN 0024-4902, Lithology and Mineral Resources, 2022, Vol. 57, No. 5, pp. 449-471.
3. **Tran Ngoc Dien**, Vu Van Ha*, Amelie Paszkowski, Nguyen Minh Quang, Ngo Thi Dao, Nguyen Thi Min, Dang Xuan Tung, Nguyen Chi Dung, Vu Ngoc Tuyen, Nguyen Khanh Tung, Tran Ngoc Huan. *The late Pleistocene - Holocene sedimentary evolution in the Ba Lat River mouth area of the Red River Delta*. Vietnam Journal of Earth Sciences, 2023, 1-16.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tiếng việt

1. Nguyễn Ngọc Anh, 2014. Đặc điểm và tiến hóa thạch động lực các thành tạo trầm tích tầng mặt vùng biển nông ven bờ Hải Phòng - Quảng Ninh (Thesis). ĐHQGHN.
2. Nguyễn Biểu, 2008. Đặc điểm địa chất biển miền Trung Việt Nam (Thuyết minh phần bản đồ địa chất Pliocen - Đệ tứ (N2-Q) biển Miền Trung Việt Nam tỷ lệ 1: 500.000. Trường Đại học Mỏ - Địa chất. Hà Nội.
3. Trần Ngọc Diễn, Vũ Văn Hà, Paszkowski, A., Nguyễn Minh Quảng, Thi, D.N., Thi, M.N., Xuan, T.D., Chi, D.N., Ngọc, T.V., Khanh, T.N., Ngọc, H.T., 2023. The late Pleistocene - Holocene sedimentary evolution in the Ba Lat River mouth area of the Red River Delta. Vietnam Journal of Earth Sciences 45, 271–286. <https://doi.org/10.15625/2615-9783/18408>
4. Trần Ngọc Diễn, Vũ Văn Hà, Nguyễn Tiến Thành, Nguyễn Thị Thu Cúc, Nguyễn Minh Quảng, Dương Tuấn Ngọc, Vũ Ngọc Tuyên, Ngô Thị Đào, Đặng Minh Tuấn, Nguyễn Thanh Hằng. Đặc điểm tướng trầm tích Holocen châu thổ ngàm Sông Hồng tại lỗ khoan KMB.ND19.03. Tạp chí Địa chất, Loạt A, số 369-370/2020, tr.1-13., n.d.
5. Nguyễn Địch Dĩ, 2010. Nghiên cứu biến động cửa sông và môi trường trầm tích Holocen - hiện đại vùng ven bờ châu thổ sông Cửa Long, phục vụ phát triển bền vững kinh tế-xã hội (mã số KC09.06.06-10). Viện Địa chất.
6. Nguyễn Địch Dĩ, Doãn Đình Lâm, Phạm Quang Sơn, Nguyễn Công Quân, Đặng Minh Tuấn, 2010. Nghiên cứu biến động bờ biển vùng châu thổ Cửa Long.
7. Nguyễn Đức Cự, 1994. Đặc điểm địa hoá trầm tích bãi triều cửa sông ven biển Hải phòng - Quảng Yên. Đại học Tổng hợp Hà Nội, Thư viện Quốc gia Hà Nội.
8. Vũ Văn Hà, Nguyễn Minh Quảng, Phạm Quang Sơn, Tô Xuân Bản, Trần Ngọc Diễn, Mai Thành Tân., Nguyễn Thị Thu Cúc, Đặng Minh Tuấn, Nguyễn Thị Mìn, Đặng Xuân Tùng, 2021. Changes in sedimentary environment at Kim

- Son coastal plain-Ninh Binh, North Vietnam. Vietnam Journal of Marine Science and Technology 21, 1–11.
9. Vũ Văn Hà, 2015. Đặc điểm môi trường trầm tích và lịch sử phát triển địa chất Holocen vùng cửa sông ven biển của hệ thống sông Cửu Long (Luận án tiến sĩ). Học viện Khoa học và Công nghệ, Hà Nội.
 10. Doãn Đình Lâm, 2005. Tiến hóa trầm tích Holocen châu thổ sông Hồng. Tạp chí Địa chất, A 288, 7–21.
 11. Doãn Đình Lâm, 2004. Sự hình thành và tiến hoá thung lũng cắt xẻ Đệ tứ muộn châu thổ Sông Hồng. Tạp chí Dầu khí 7, 9–18.
 12. Doãn Đình Lâm, 2003. Lịch sử tiến hoá trầm tích Holocen châu thổ sông Hồng (Luận án tiến sĩ). Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Hà Nội.
 13. Doãn Đình Lâm, 2005. Tiến hóa trầm tích Holocen châu thổ sông Hồng. Tạp chí Địa chất, A 288, 7–21.
 14. Doãn Đình Lâm, 2004a. Địa tầng phân tập và trầm tích Holocen châu thổ sông Hồng. Tạp chí Các khoa học về Trái đất 26, 465–473.
 15. Doãn Đình Lâm, 2004b. Địa tầng phân tập và trầm tích Holocen châu thổ sông Hồng. Tạp chí Các khoa học về Trái đất 26, 465–473.
 16. Doãn Đình Lâm, Boyd, W.E., 2001. Một số dẫn liệu về mực nước biển trong Pleistocen muộn-Holocen vùng Hạ Long và Ninh Bình. Tạp chí Các khoa học về Trái đất 23, 86–91.
 17. Doãn Đình Lâm, Trần Nghi, Phạm Huy Tiến, 2001. Các kiểu đồng bằng Holocen ở đồng bằng Bắc Bộ. Tạp chí Các khoa học về Trái đất 23, 319–328.
 18. Trần Nghi, 2019. Nghiên cứu diễn biến và xu thế biến động các địa hệ khu vực ven biển từ cửa Ba Lạt đến cửa Đáy từ Holocen đến nay (mã số KC.09.02/16-20). Đại học Quốc gia Hà Nội.
 19. Trần Nghi, 2012. Nghiên cứu địa tầng phân tập (Sequence Stratigraphy) các bề trầm tích Sông Hồng, Cửu Long, Nam Côn Sơn nhằm đánh giá tiềm năng khoáng sản. Mã số: KC.09.20/06-10. Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội.

20. Trần Nghi, 2010. Trầm tích luận trong địa chất biển và dầu khí. Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Hà Nội.
21. Trần Nghi, Trần Thị Thanh Nhân, Trần Ngọc Diễm, Đinh Xuân Thành, Trần Thị Dung, Nguyễn Thị Phương Thảo, Trần Xuân Trường, Đỗ Mạnh Tuấn, Doãn Đình Lâm, 2018. Diễn biến bồi tụ - xói lở bờ biển Thái Bình - Nam Định từ Holocen muộn đến nay trong mối quan hệ với tiến hóa các thùy châu thổ và lịch sử sông Sò.
22. Trần Nghi, Trần Thị Thanh Nhân., Đinh Xuân Thành, Trần Ngọc Diễm, Nguyễn Thị Huyền Trang, Trần Thị Dung, Hải P.V., Thảo N.T.P., 2019. Biến động các địa hệ trong Holocen ở khu vực đới bờ châu thổ sông Hồng. Variation of Geosystems in Holocene Red River Coastal Zone.
23. Trần Nghi, Ngô Quang Toàn, 2000. Development history of deposits in the Quaternary of Vietnam. The weathering crust and Quaternary sediments in Vietnam. Department of Geology and Minerals of Vietnam, Hanoi 177, 192.
24. Trần Nghi, 2019. Nghiên cứu diễn biến và xu thế biến động các địa hệ khu vực ven biển từ cửa Ba Lạt đến cửa Đáy từ Holocen đến nay (mã số KC.09.02/16-20). Đại học Quốc gia Hà Nội.
25. Trần Nghi, 2017. Địa chất trầm tích Việt Nam. Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Hà Nội, Hà Nội.
26. Trần Nghi, 2009. Thành lập bản đồ trầm tích tầng mặt và thạch động lực vùng biển của Thuận An đến cửa Ninh Chữ và từ Hàm Tân đến Vũng Tàu từ 0 - 30m nước tỷ lệ 1:500.000. Trung tâm Địa chất và Khoáng sản Biển, Tổng cục Biển và hải đảo Việt Nam.
27. Phùng Văn Phách, Dương Ngọc Hải, Nguyễn Trung Thành, Vũ Lê Phương, Mai Đức Thông, Lê Đức Anh, Phạm Quang Sơn, Đỗ Huy Cường, 2018. Sự hình thành và phát triển châu thổ sông Hồng giai đoạn Holocen. Nhà xuất bản Khoa học và Công nghệ, Hà Nội.

28. Tạ Thị Kim Oanh, Nguyễn Văn Lập, Tateishi, M., Kobayashi, I., Tanabe, S., Saito, Y., 2002. Holocene delta evolution and sediment discharge of the Mekong River, southern Vietnam. *Quaternary Science Reviews* 21, 1807–1819.
29. Mai Thanh Tân, 2005. Nghiên cứu đặc điểm địa chất - địa chất công trình thềm lục địa miền Trung phục vụ cho việc xây dựng công trình và định hướng phát triển kinh tế biển. Mã số: KC.09.01/06-10. Trường Đại học Mở - Địa chất. Hà Nội.
30. Đinh Xuân Thành, 2015. Nghiên cứu lịch sử tiến hoá châu thổ ngàm sông Mekong trong Holocen phục vụ phát triển bền vững (Đề tài KC.09.13/11-15). Đại học Khoa học Tự nhiên - Đại học Quốc gia Hà Nội.
31. Nguyễn Trung Thành, Lân, N.H., Phách, P.V., Toán, D.V., Dũng, B.V., Unverricht, D., 2011. Xu hướng vận chuyển tích tụ trầm tích trên phần châu thổ ngàm ven bờ biển đồng bằng sông Mê Kông. *Science of the Earth* 33, 607–615.
32. Nguyễn Trung Thành, P.V., Anh, L.N., Minh, Nguyễn Trung, Dũng, Bùi Việt, Long, Nguyễn Quang, 2013. Một số kết quả nghiên cứu về tốc độ tích tụ trầm tích phần chân châu thổ Mê Kông và thềm kế cận. *Science of the Earth* 35, 10–18.
33. Trần Đức Thanh, 1993. Tiến hoá địa chất vùng cửa sông Bạch Đằng trong Holocen (Luận án phó tiến sĩ). Đại học Tổng hợp Hà Nội, Thư viện Quốc gia Hà Nội.
34. Vũ Nhật Thăng và nnk, 1996. Bản đồ địa chất khoáng sản nhóm tò Thái Bình-Nam Định, tỷ lệ 1:50.000. Trung tâm lưu trữ Địa chất, Hà Nội.
35. Ngô Quang Toàn, 1995. Đặc điểm trầm tích và lịch sử phát triển các thành tạo Đệ tứ ở phần đông bắc đồng bằng Sông Hồng. Đại học Khoa học Tự nhiên - Đại học Quốc gia Hà Nội, Thư viện Quốc gia Hà Nội.
36. Đinh Văn Thuận, 2005. Các phức hệ sinh thái bào tử phấn hóa trong trầm tích Đệ tứ ở đồng bằng Nam Bộ (Luận án tiến sĩ). Đại học Mở - Địa chất Hà Nội, Thư viện Quốc gia Hà Nội.
37. Nguyễn Tài Tuệ, 2019. Nghiên cứu xây dựng và áp dụng phương pháp hồi phục đặc điểm cổ khí hậu Holocene bằng phân tích đồng vị bền trên trầm tích ở miền Bắc, Việt Nam. Đại học Quốc gia Hà Nội.

Tiếng nước ngoài

38. A., K., 2007. Diatom methods, Data Interpretation. Encyclopedia of Quaternary Science. Scott A. Elias. (Ed) 1, 494–507.
39. A.L. Coe, 2003. The Sedimentary Records of Sea Level Change. British Library [WWW Document].
40. Barrell, J., 1912. Criteria for the recognition of ancient delta deposits. GSA Bulletin 23, 377–446.
41. Bhattacharya, J.P., Giosan, L., 2003. Wave-influenced deltas: geomorphological implications for facies reconstruction. Sedimentology 50, 187–210.
42. Coleman, J.M., Wright, L.D., 1975. Modern River Deltas: Variability of Processes and Sand Bodies 99–149.
43. D. Hunt, M. E. Tucker, 1992. Standard Parasequences and the Forced Regressive Wedge System Tract; Deposition during Base Level Fall. Sedimentary Geology, 81, 1-9 [WWW Document].
44. Elliott, T, 1986. Siliciclastic shorelines: In: Reading, H.G. ed Sedimentary environments and facies. Blackwell, Oxford.
45. Ericson, D.B., Ewing, M., Wollin, G., 1964. The Pleistocene Epoch in Deep-Sea Sediments. Science 146, 723–732.
46. Fisk, H.N., 1961. Bar-Finger Sands of Mississippi Delta 55, 29–52.
47. Fisk, H.N., 1955. 3. Sand Facies of Recent Mississippi Delta Deposits (U.S.A.). World Petroleum Congress.
48. Fisk, H.N., Kolb, C.R., McFarlan, E., Wilbert, L.J., 1954. Sedimentary framework of the modern Mississippi delta [Louisiana]. Journal of Sedimentary Research 24, 76–99.
49. Galloway W.E., 1975. Process Framework for Describing the Morphologic and Stratigraphic Evolution of Deltaic Depositional Systems 87–98.
50. Heron, S.D., Moslow, T.F., Berelson, W.M., Herbert, J.R., Steele, G.A., Susman, K.R., 1984. Holocene sedimentation of a wave-dominated

- barrierisland shoreline: Cape Lookout, North Carolina. *Marine Geology, Hydrodynamics and Sedimentation in Wave-Dominated Coastal Environments* 39, 413–434.
51. Jiang, H., Zheng, Y., Ran, L., Seidenkrantz, M.-S., 2004. Diatoms from the surface sediments of the South China Sea and their relationships to modern hydrography. *Marine Micropaleontology* 53, 279–292.
 52. Kuehl, S.A., Levy, B.M., Moore, W.S., Allison, M.A., 1997. Subaqueous delta of the Ganges-Brahmaputra river system. *Marine Geology* 144, 81–96. [https://doi.org/10.1016/S0025-3227\(97\)00075-3](https://doi.org/10.1016/S0025-3227(97)00075-3)
 53. Mitchum, R.M., Campion, K.M., Rahmanian, V.D., 1990. *Siliciclastic Sequence Stratigraphy in Well Logs, Cores, and Outcrops: Concepts for High-Resolution Correlation of Time and Facies*. American Association of Petroleum Geologists, Tulsa, Okla., U.S.A.
 54. Neill, C.F., Allison, M.A., 2005. Subaqueous deltaic formation on the Atchafalaya Shelf, Louisiana. *Marine Geology* 214, 411–430.
 55. Oomkens, E., 1974. Lithofacies relations in the Late Quaternary Niger Delta complex. *Sedimentology* 21, 195–222. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3091.1974.tb02056.x>
 56. Palmer, A.J.M., Abbott, W.H., 1986. Diatoms as indicators of sea-level change, in: van de Plassche, O. (Ed.), *Sea-Level Research: A Manual for the Collection and Evaluation of Data*. Springer Netherlands, Dordrecht, pp. 457–487. https://doi.org/10.1007/978-94-009-4215-8_16
 57. Pluet, J., Pirazzoli, P.A., 1991. *World Atlas of Holocene Sea-Level Changes*. Elsevier.
 58. Posamentier, H.W., Vail, P.R., 1988. Sequence Stratigraphy: Sequences and Systems Tract Development 571–572.
 59. Reading H.G, 1986. *Sedimentary environments and facies*. Blackwell Scientific, Paris - New York - London.

60. Richard A. Davis, Jr, 1985. Coastal sedimentary environment. NXB Springer - Verlag, Pris-New York-London.
61. R.W, B., 1986. Diatom analysis. In: Handbook of Holocene Paleoecology and Palaeohydrology. Edited by Berglund, B.E., J. Wiley & Sons Ltd., New York 527–570.
62. Tanabe, S., Hori, K., Saito, Y., Haruyama, S., Kitamura, A., 2003a. Song Hong (Red River) delta evolution related to millennium-scale Holocene sea-level changes. *Quaternary Science Reviews* 22, 2345–2361.
63. Tanabe, S., Hori, K., Saito, Y., Haruyama, S., Sato, Y., Hiraide, S., 2003b. Sedimentary facies and radiocarbon dates of the Nam Dinh-1 core from the Song Hong (Red River) delta, Vietnam. *Journal of Asian Earth Sciences* 21, 503–513.
64. Tanabe, S., Saito, Y., Vu, Q.L., Hanebuth, T.J., Ngo, Q.L., Kitamura, A., 2006. Holocene evolution of the Song Hong (Red River) delta system, northern Vietnam. *Sedimentary Geology* 187, 29–61.
65. Thamban M, Rao V.P, 2005. Clay minerals as palaeomonsoon proxies" evolution and relevance to the late Quaternary record from SE Arabian Sea. In: Rajan, S., Pandey, P.C. (Eds.), *Antarctic Geoscience: Ocean - atmosphere Interaction and Paleoclimatology*. National Centre for Antarctic & Ocean Research, Goa, India 198–215.
66. Trowbridge A.C., 1930. Building of Mississippi Delta. *AAPG Bulletin* 14, 867–901.
67. Wagoner, J.C.V., Posamentier, H.W., Mitchum, R.M., Vail, P.R., Sarg, J.F., Loutit, T.S., Hardenbol, J., 1988. An Overview of the Fundamentals of Sequence Stratigraphy and Key Definitions. <https://doi.org/10.2110/pec.88.01.0039>.