



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



TƯƠNG TÁC SÔNG - BIỂN

PGS.TS. BÙI HỒNG LONG
Viện Hải dương học



CHƯƠNG 2

ĐỒNG BẰNG CHÂU THỎ (DELTA)

2.1. DELTA: ĐỊNH NGHĨA, BỐI CẢNH VÀ MÔI TRƯỜNG

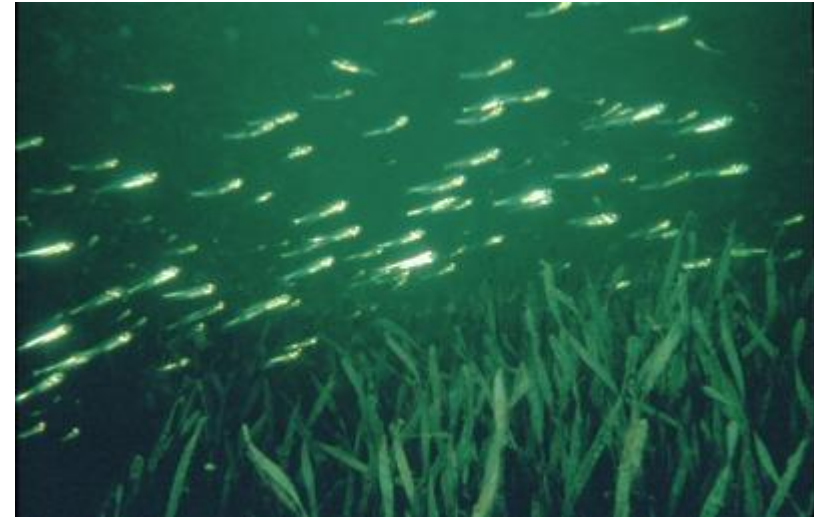
2.2. MỘT SỐ ĐẶC ĐIỂM CỦA DELTA

2.3. PHÂN LOẠI HÌNH THÁI-ĐỘNG LỰC CÁC DELTA SÔNG

2.4. CÁC QUÁ TRÌNH BẦY TRẦM TÍCH Ở DELTA VÀ TÁI
PHÂN BỐ TRẦM TÍCH BỜ BIỂN



2.1. DELTA: ĐỊNH NGHĨA, BỐI CẢNH VÀ MÔI TRƯỜNG



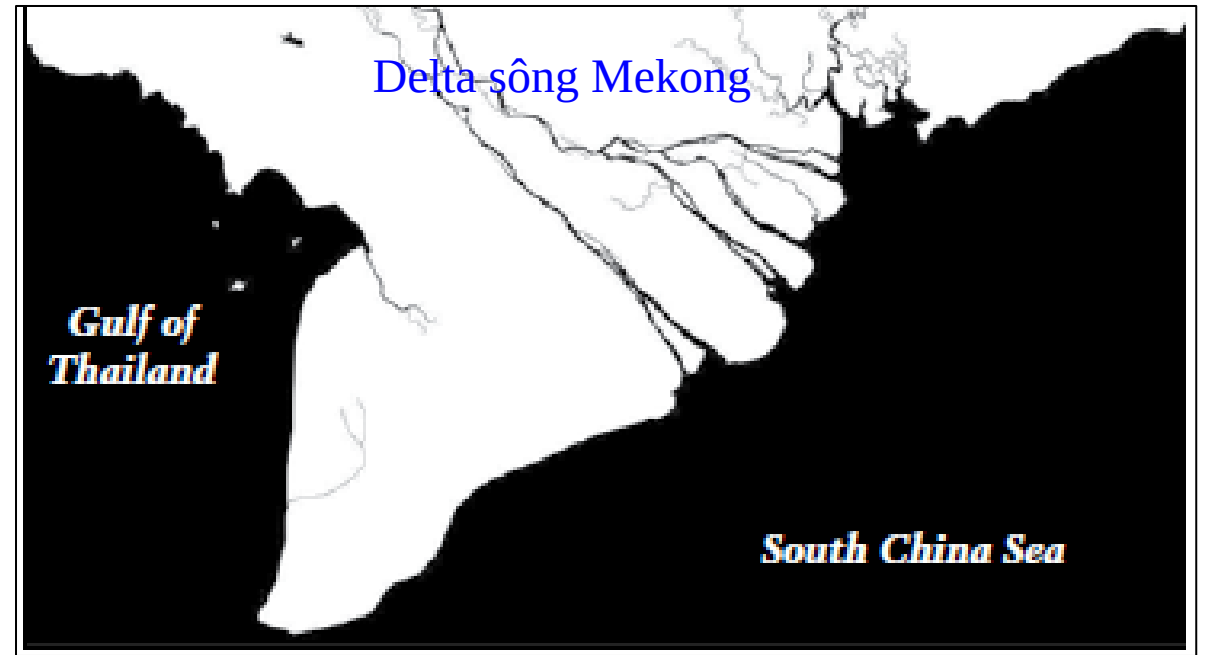
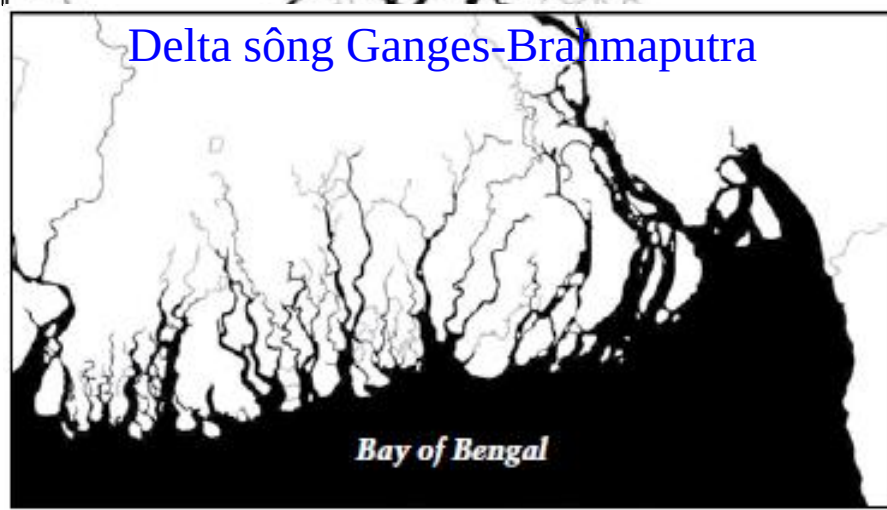
2.1.1. Định nghĩa

- Thuật ngữ “delta” xuất phát từ tiếng Hy Lạp cho chữ Δ , và là do Herodotus, -một sử gia Hy Lạp, người lần đầu tiên công nhận sự giống nhau về hình dạng của delta sông Nile với chữ cái này từ thế kỷ thứ 5 trước Công nguyên.
- Delta được sử dụng theo một ý nghĩa chung để mô tả bất kỳ đặc điểm nào do kiểu tích tụ ven rìa này, bao gồm ở hồ, đầm phá, ao và hồ chứa. Các delta tạo thành ở những nơi có các điều kiện về bồn thu nhận không đủ năng lượng để phân tán tất cả các trầm tích được mang xuống bởi các con sông.

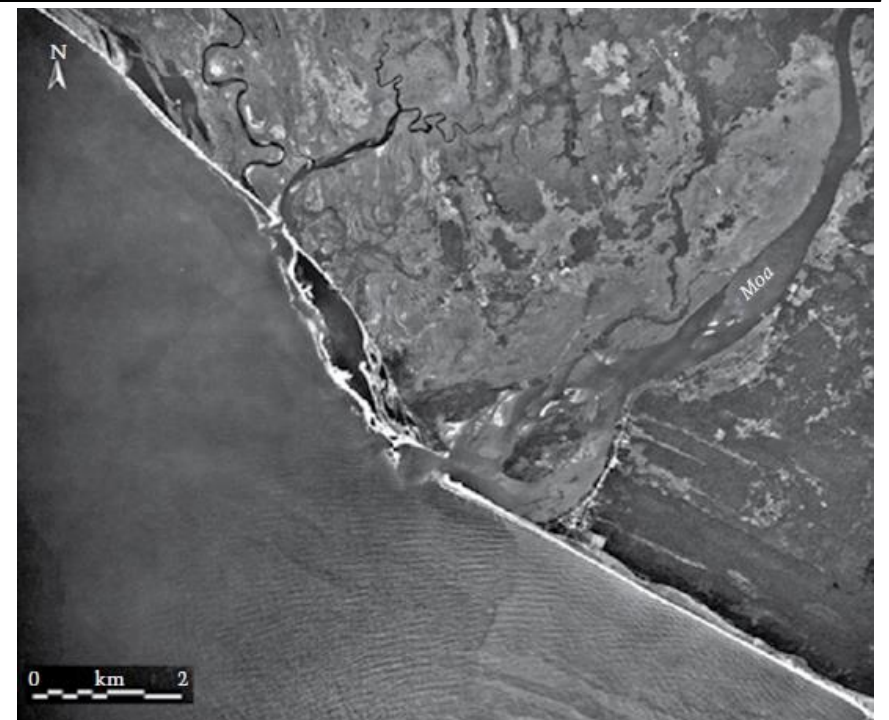
Định nghĩa

- delta là các tích tụ trầm tích ven bờ ít nhiều ngập nước và trên cạn lân cận với, hoặc gần gũi với dòng chảy nguồn, bao gồm các trầm tích bị sửa lại thứ sinh bởi sóng, dòng chảy hoặc thủy triều
- Hầu hết các delta sông đều được hình thành trên rìa các bồn biển, và các delta của một số sông lớn nhất đều là các thành tạo địa hình bờ biển lớn nhất trên thế giới
- delta tồn tại tất cả các kích thước

Ví dụ Delta



Delta sông Moa trên
bờ biển Sierra Leone,
Tây Phi



Vai trò của trầm tích Delta

- trầm tích được vận chuyển từ delta là quan trọng trong việc tìm nguồn trầm tích cho các bờ biển liền kề, trầm tích di tích và hiện đại
- delta được sử dụng theo một ý nghĩa chung để mô tả bất kỳ đặc điểm nào do kiểu tích tụ ven rìa này, bao gồm ở hồ, đầm phá, ao và hồ chứa
- Các delta hiện đại là sản phẩm của lưu giữ tạm thời trầm tích trên các bờ biển hiện tại

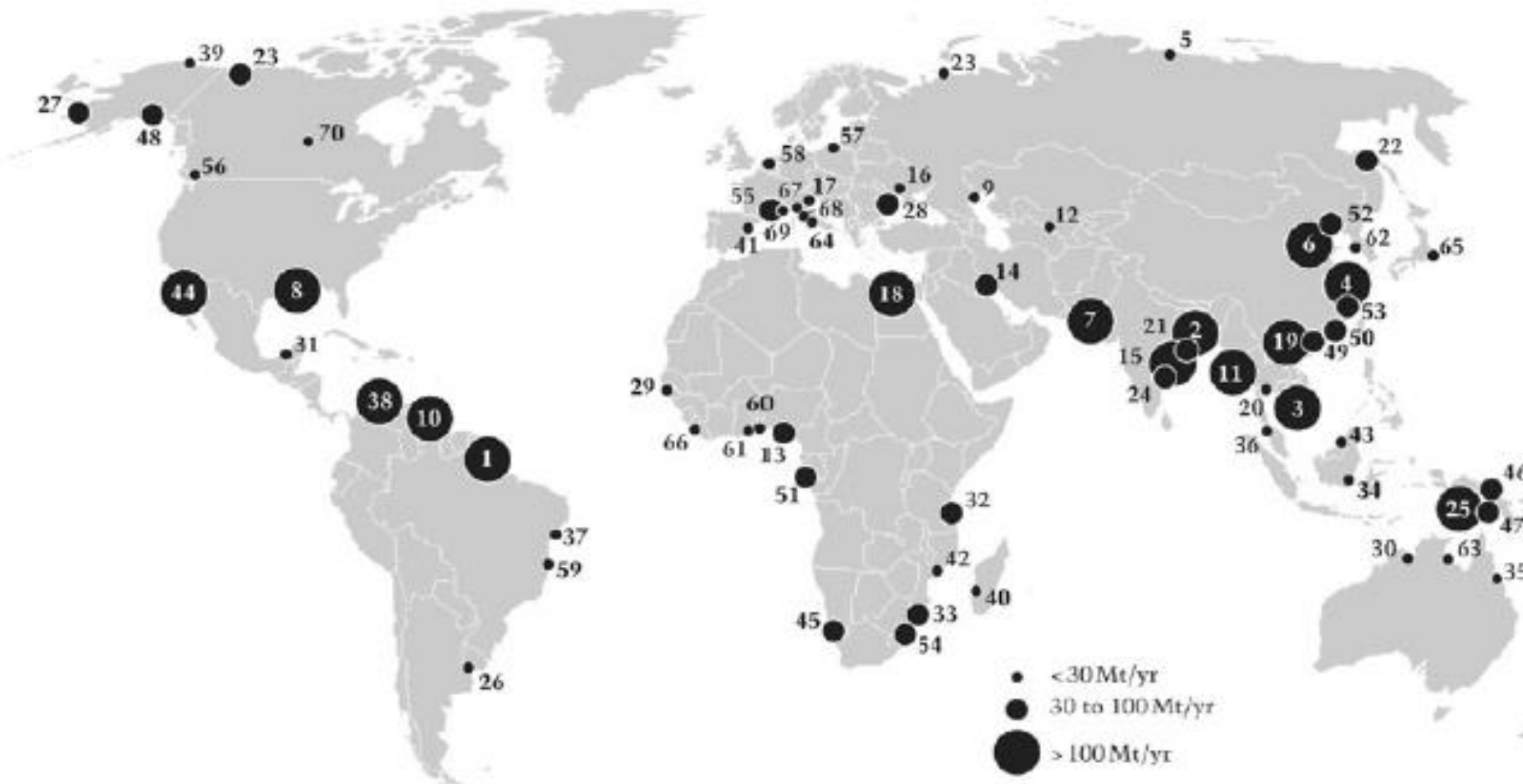
Delta hiện đại là sản phẩm của lưu giữ tạm thời trầm tích trên các bờ biển

- Các delta cũng hoạt động như những bộ lọc, bẫy tích tụ và lò phản ứng đối với vật liệu lục địa, bao gồm carbon, trên đường đến đại dương của chúng.
- Chúng được đặc trưng bởi địa hình thấp, bởi năng suất thường cao, các hệ sinh thái giàu có và đa dạng sinh học, và phạm vi rộng về các dịch vụ hệ sinh thái có liên quan,
 - bảo vệ bờ biển, cung cấp nước uống, giải trí, du lịch xanh, và bảo tồn thiên nhiên.
 - hỗ trợ nông nghiệp và nghề cá
 - Công nghiệp và giao thông: phát triển của các trung tâm đô thị lớn, cảng và bến cảng.
 - có gần 600 triệu người sinh sống.
- những vùng trũng thấp này dễ bị tổn thương đối với một loạt tai biến lớn.
- các delta đang trở thành các điểm nóng về kinh tế và môi trường, do áp lực của con người ngày càng làm giảm khả năng phục hồi, thích ứng và hấp thụ tai biến.

2.1.2. Bối cảnh kiến tạo của delta

- Các delta thường được hình thành ở các vị trí sụt lún,
 - sông bị xâm thực lưu vực
 - một lượng lớn trầm tích cung cấp nuôi dưỡng delta.
- Sụt lún ở delta được tạo ra bởi các cơ chế khác nhau, ảnh hưởng đến thạch quyển.
- Cơ chế sụt lún các delta là tự tăng cường, do các nguồn cung trầm tích lớn, đóng góp cho sụt lún tiếp theo. Từ đó, delta duy trì ở vị trí của chúng.
- Các delta là những vị trí tích tụ các lớp trầm tích dày, đôi khi là những hồ chứa cho hydrocacbon.
- Ở các delta hiện đại, sụt lún cũng gây ra bởi sự nén chặt mất nước của các trầm tích gần bề mặt tuổi Holocene, các trầm tích nằm dưới, thường giàu nước vì lắng đọng trong môi trường dưới nước và giàu chất hữu cơ.

2.1.2. Bối cảnh kiến tạo của delta



1, Amazon; 2, Ganges-Brahmaputra; 3, Mekong; 4, Dương Tử; 5, Lena; 6, màu vàng; 7, Indus; 8, Mississippi; 9, Volga; 10, Orinoco; 11, Irrawaddy; 12, Amu Darya; 13, Niger; 14, Shatt-el-Arab; 15, Godavari; 16, Dneiper; 17, Po; 18, sông Nile; 19, Đò; 20, Chao Phraya; 21, Mahanadi; 22, Pechora; 23, Mackenzie; 24, Krishna; 25, Bay; 26, Parana; 27, Yukon; 28, Danube; 29, Senegal; 30, Ord; 31, Grijalva; 32, Tana; 33, Zambezi; 34, Mahakam; 35, Burdekin; 36, Klang; 37, Sao Francisco; 38, Magdalena; 39, Colville; 40, Mangoky; 41, Ebro; 42, Pungoe; 43, Baram; 44, Colorado; 45, Trái cam; 46, Purari; 47, Sepik; 48, Đồng; 49, Trân Châu; 50, Choshui; 51, Congo; 52, Liao He; 53, Kaoping; 54, Limpopo; 55, Rhône; 56, Fraser; 57, Vistula; 58, Rhine-Meuse; 59, Jequitinhonha; 60, Ouémé; 61, Mono; 62, Han; 63, McArthur; 64, Tiber; 65, Tone; 66, Moa; 67, Arno; 68, Ombrone; 69, Var; 70, Mossy.

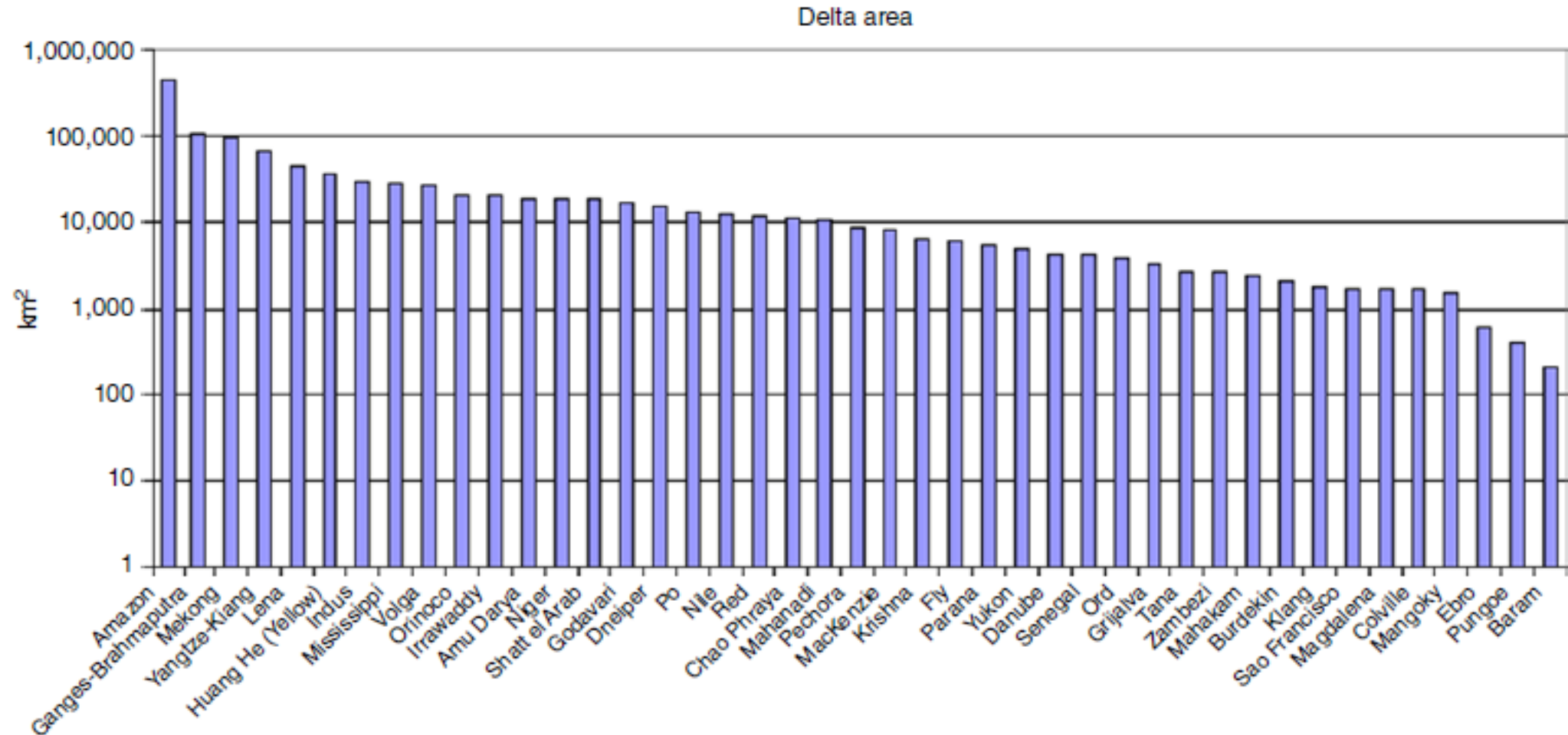
(Nguồn: Walsh và Nittrouer, 2009.)

Nguồn cung trầm tích của các con sông lớn tới đại dương toàn cầu

2.1.2. Bối cảnh kiến tạo của delta

- Vị trí các delta lớn tương ứng với các hoàn cảnh kiến tạo của chúng (Evans, 2012).
- Nhiều delta đã hình thành ở các rìa lục địa. Ví dụ là Amazon và Niger. Delta được xây dựng trên vỏ lục địa bị đứt gãy, nhưng mở rộng vào vỏ đại dương.
- Các dòng sông chính thường bị đổi hướng bởi các vùng núi cao hướng về phía rìa mảng tích tụ, ở đó, các delta rộng lớn và thềm lục địa giàu-trầm tích đã phát triển. Ví dụ: Amazon và Orinoco (Nam Mỹ), Mississippi và Mackenzie (Bắc Mỹ), và Shatt-el-Arab (Tigris-Euphrates) và Indus (Châu Á).
- Các delta xuất hiện tại các điểm kết thúc về phía biển của lưu vực nằm trong đai tạo núi, Yukon ở Alaska và Magdalena ở Columbia.
- Các delta nằm trên cạnh của các bồn biển rìa, trong đó, các nguồn sông đều bị kiểm soát bởi đứt gãy. Sông Nile, Dương Tử (Trường Giang) và Colorado.
- Delta tạo thành ở các điểm kết thúc của các dòng sông chảy song song với các đai núi, Irrawaddy.
- Sông Rhine được bọc trong một địa hào và trải dài hoàn toàn trên nền craton, xây dựng trên Biển Bắc nông, chứ không phải trên rìa lục địa.
- Rất ít dòng sông đủ mạnh để vượt qua các đai núi uốn nếp trên thế giới để tạo ra các delta trên bờ đại dương. Các ví dụ về delta được gắn liền với các con sông trong tình huống bất thường này bao gồm Sông Fraser, cắt ngang dãy núi Rocky, Brahmaputra qua Himalaya, và Ebro băng qua Cordillera Cantabrica ở Tây Ban Nha.

2.1.3. Tại sao một số con sông hình thành được delta?



2.1.3. Tại sao một số con sông hình thành được delta?

- Đầu vào trầm tích sông qua thời gian địa chất là rất quan trọng trong việc đảm bảo cho sự tiến triển bờ biển, và trong sự tăng trưởng của thềm lục địa và đáy đại dương.
- Không phải tất cả các con sông đều tạo nên delta.
- Phát triển và kích thước các delta phụ thuộc vào:
 - cung cấp trầm tích,
 - kích thước hạt,
 - hình thái của bờ biển và bồn nước thu nhận, và
 - điều kiện hải dương trong bồn tiếp nhận

2.1.3. Tại sao một số con sông hình thành được delta?

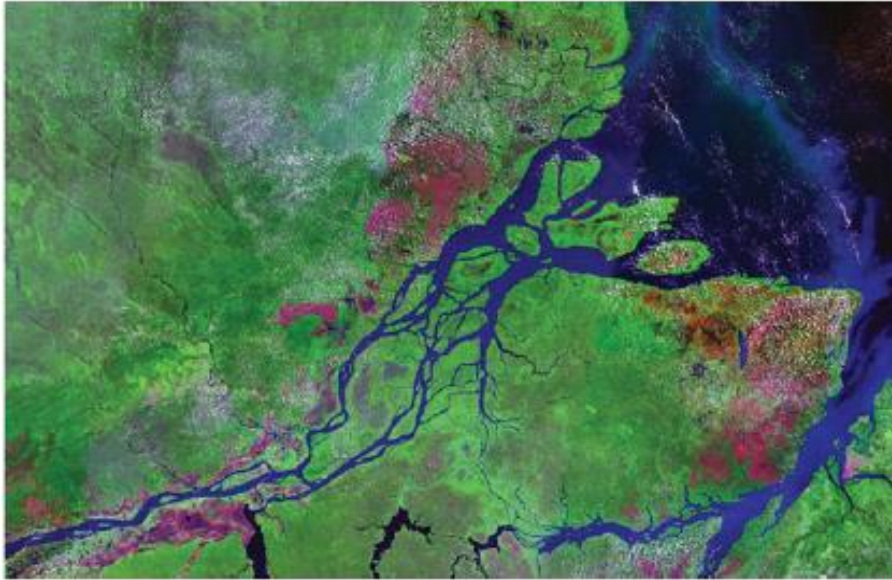
- cung cấp trầm tích
 - Trầm tích: các sản phẩm phong hóa và xói mòn các châu lục qua thời gian từ hiện tại đến hàng triệu năm.
 - Liên quan đến khoáng vật học và kích thước hạt trầm tích
 - Các dòng sông mang trầm tích (tải lượng chất hòa tan, trầm tích lơ lửng, tải lượng đáy), tùy thuộc vào kích thước hạt và tốc độ dòng chảy.
 - Một số sông lớn cung cấp tải lượng trầm tích lơ lửng và/hoặc hòa tan chiếm khoảng 80–90% tổng tải lượng toàn cầu của sông đến đại dương, cùng với tải trọng chất hữu cơ và chất gây ô nhiễm
 - Khối lượng và kích thước hạt trầm tích do các dòng sông mang ra tới cửa có tùy thuộc điều kiện thủy động lực, và hình thái của châu thổ.

2.1.3. Tại sao một số con sông hình thành được delta?

- cung cấp trầm tích
 - kích thước hạt có sẵn có ảnh hưởng đến:
 - (1) gradient và kiểu lòng sông của một hệ thống sông (fluvial) trên các delta;
 - (2) hành vi xáo trộn trầm tích do nó chảy vào bồn nước thu nhận tại cửa sông;
 - (3) kiểu đường bờ biển và phản ứng của nó đối với năng lượng sóng và chế độ thủy triều; và
 - (4) các quá trình biến dạng và tái lắng đọng trầm tích trên tiền delta bị ngập nước (subaqueous delta front).
 - Trầm tích lơ lửng có thể được phân tán hoàn toàn ra ngoài khơi và dọc bờ, ở những nơi có sóng và dòng chảy hoạt động.
 - Các dòng sông cung cấp cát và sạn-sỏi có xu hướng có nhiều cơ hội hơn để có một delta tại cửa của chúng, bởi vì các kích thước mảnh vụn lớn hơn này, chủ yếu vận chuyển dưới dạng tải lượng đáy, đòi hỏi năng lượng vận chuyển của sóng và dòng chảy lớn hơn. Các dòng sông nhỏ là lý do khiến một phần chiếm ưu thế về tổng lượng trầm tích sông đã cung cấp cho đại dương

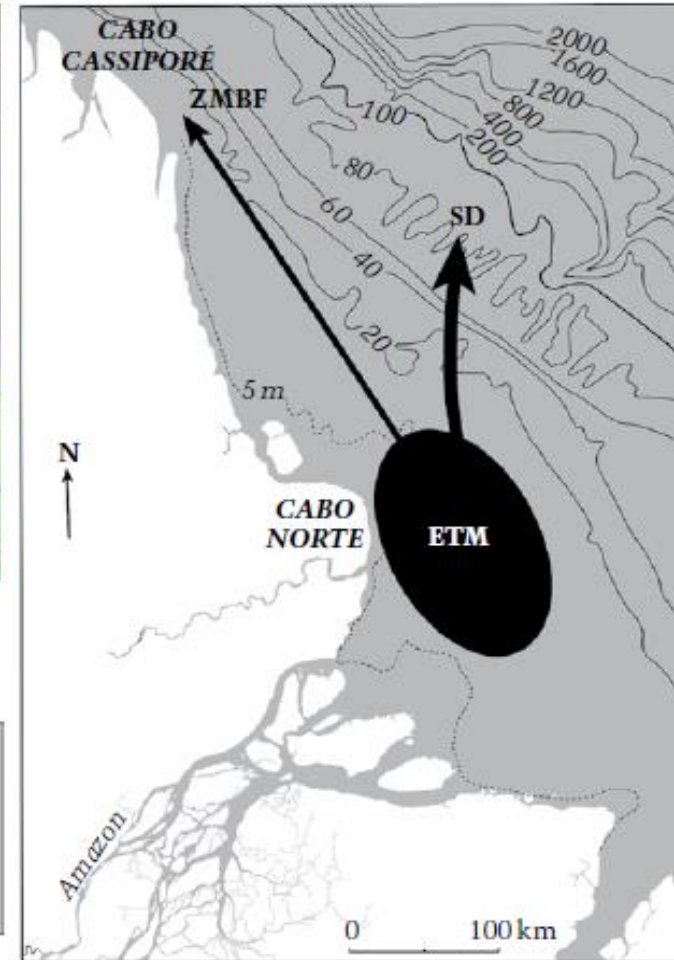
2.1.3. Tại sao một số con sông hình thành được delta?

(a)

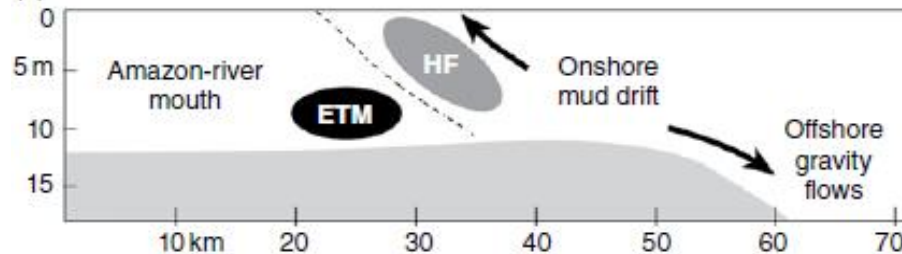


Sông Amazon, dòng sông lớn nhất thế giới

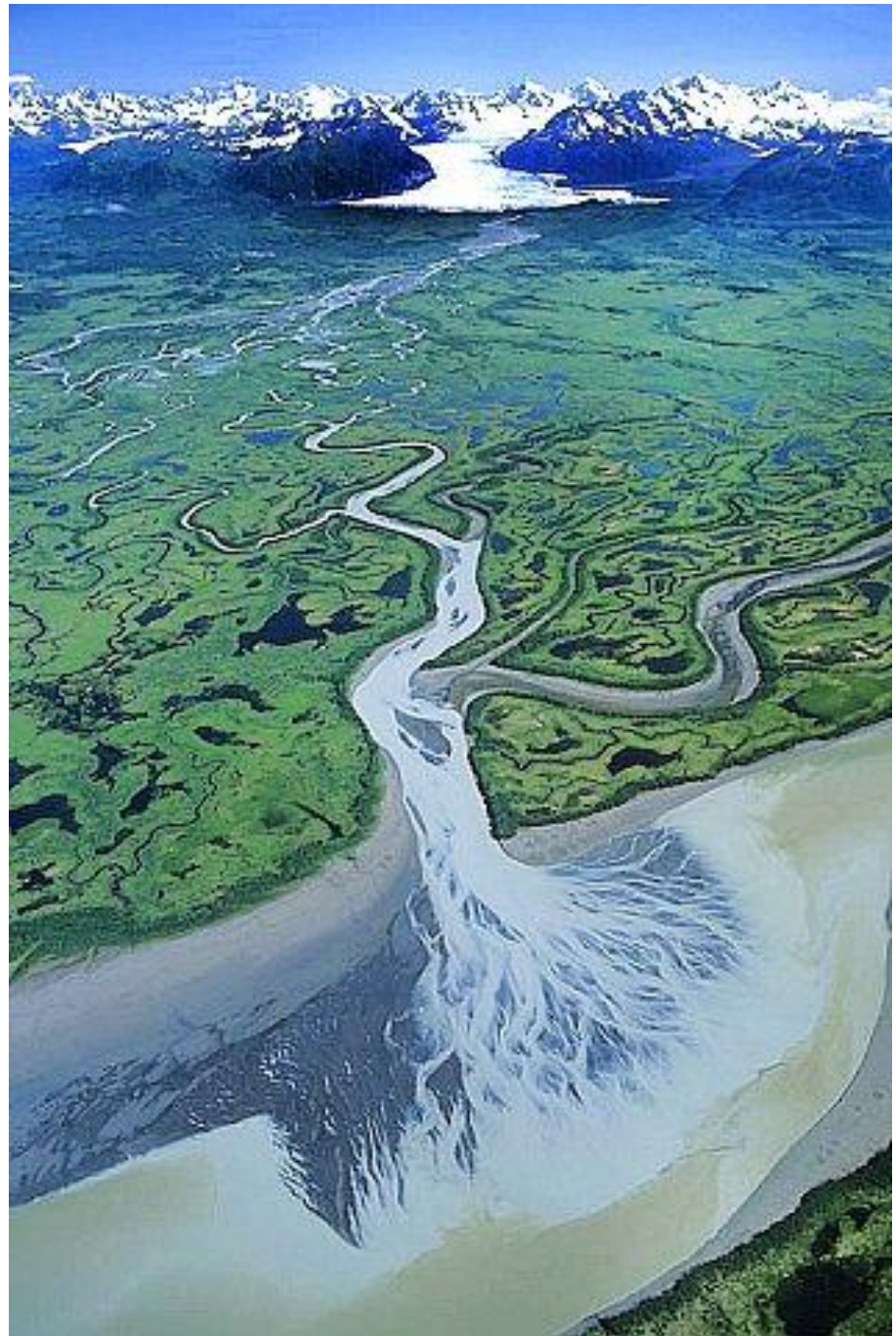
(b)



(c)

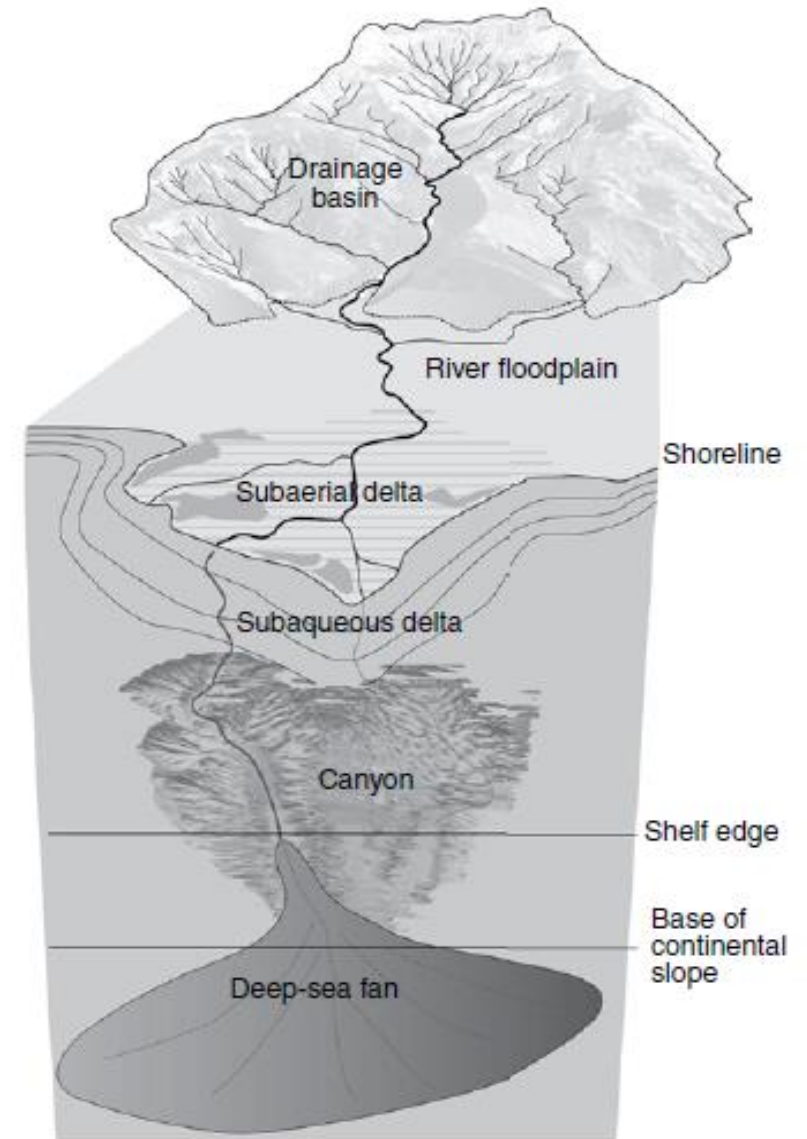


2.2. MỘT SỐ ĐẶC ĐIỂM CỦA DELTA

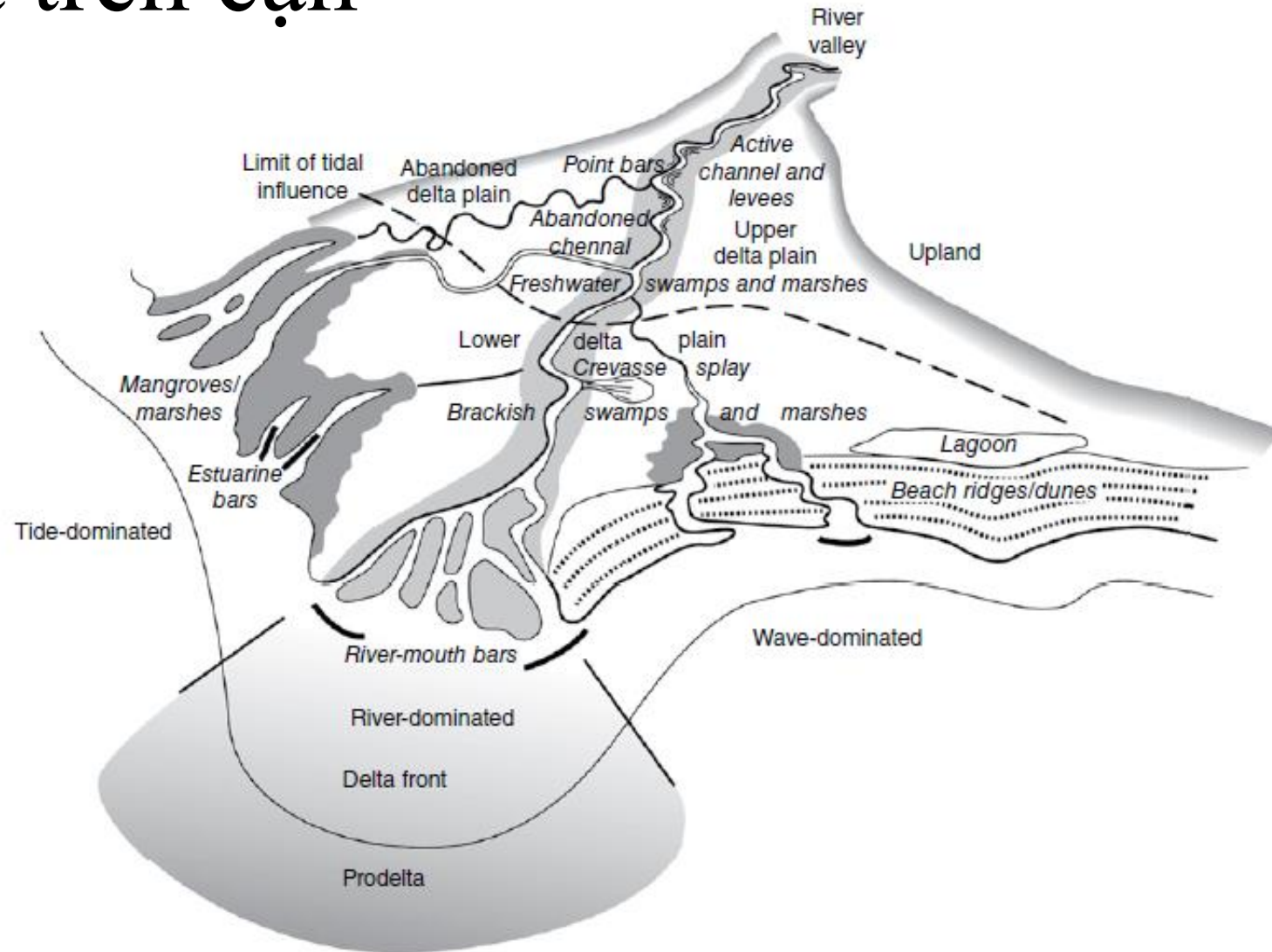


2.2.1. Delta

- Các delta là thành tạo địa hình tương đối đa dạng
- liên kết với các nón tích tụ dưới biển sâu, từ trầm tích do sông cung cấp
- Phần delta nhìn thấy được là đồng bằng delta trên cạn:
 - phần trên: ảnh hưởng của sông chiếm ưu thế,
 - phần thấp hơn: các quá trình của sông và biển có xu hướng chiếm ưu thế



Sơ đồ tổng hợp các đặc điểm điển hình của các delta trên cạn



Delta

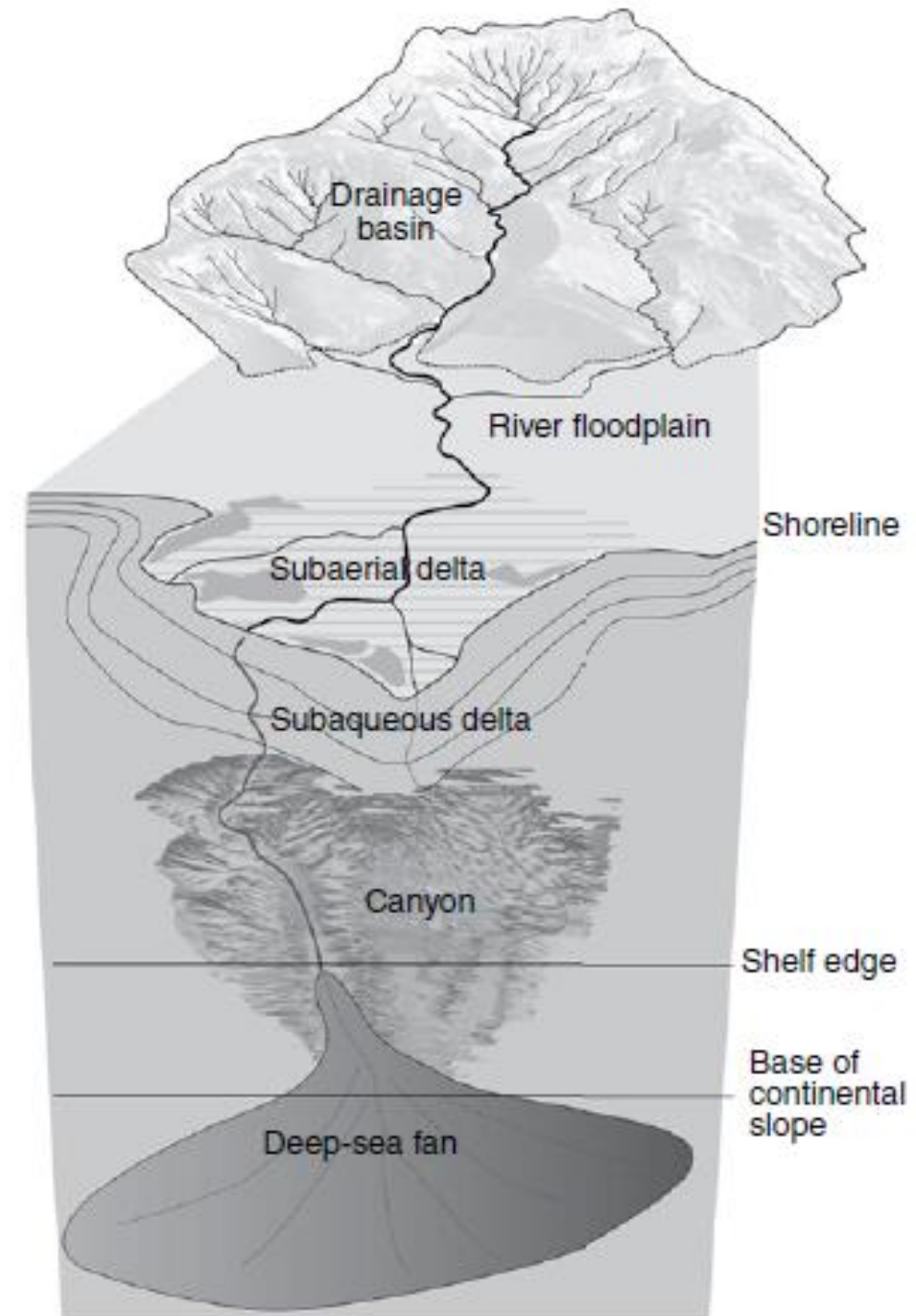
- Nguồn cung trầm tích thường cao và phản ứng hình thái động lực của delta đối với nguồn cung cấp này có thể dẫn đến sự hiện diện của các bộ phận hoạt động và bị bỏ rơi của đồng bằng delta,
- Cái đầu là lòng sông đang hoạt động, còn cái sau biểu thị các lòng sông cổ, là các nguồn sông trước đây bị bỏ rơi trong quá trình phát triển delta.
- Các lòng sông thường nằm giữa các đê thiên nhiên của sông - là kẻ tự nhiên được tích tụ theo thời gian, và vùng đồng bằng ngập lụt bao gồm lưu vực giữa các lòng sông đang hoạt động hoặc bị bỏ rơi.
- Đồng bằng ngập lụt có thể bị ngập trong các thời kỳ lưu lượng cao nhất, và do đó, dần dần xây dựng nên từ trầm tích được lắng đọng trong các sự kiện như vậy, thường là theo mùa ở các delta nhiệt đới.
- Toàn bộ hệ thống lòng sông và bãi bồi dần dần được tôn cao do trầm tích được phân tán đến delta từ thượng nguồn. Các đê thiên nhiên được phát triển tốt nhất ở những nơi có các quá trình sông hoạt động như là một nguồn lực chiếm ưu thế tạo ra delta.

Delta

- Các con đê thiên nhiên có thể bị phá vỡ trong lúc có lũ. Các dòng nước được phân luồng trong những đoạn vỡ này dẫn đến sự hình thành các vệt nước (Hình 13.7), đáp ứng là đập tràn cho dòng nước mang trầm tích vào các lưu vực giữa các nhánh sông. Các vệt nước dần dần bị lấp đầy. Trên các bờ biển delta, nơi có các quá trình sóng là quan trọng, thì các val bãi (beach ridge) thường được hình thành, mà hình dạng bình đồ của chúng minh họa cho kiểu trôi dạt dọc bờ, có thể khá phức tạp, thường liên quan đến trôi dạt theo hai hướng. Ở những nơi có ảnh hưởng của thủy triều chiếm ưu thế, thì các đồng bằng delta thường được đặc trưng bởi một bờ biển phức tạp bao gồm nhiều cửa nhánh mở rộng ra phía biển, tách các đới triều rộng với thảm thực vật chịu mặn. Cửa của các chi lưu này thường thể hiện các bãi nông thẳng phù hợp với hướng dòng triều.

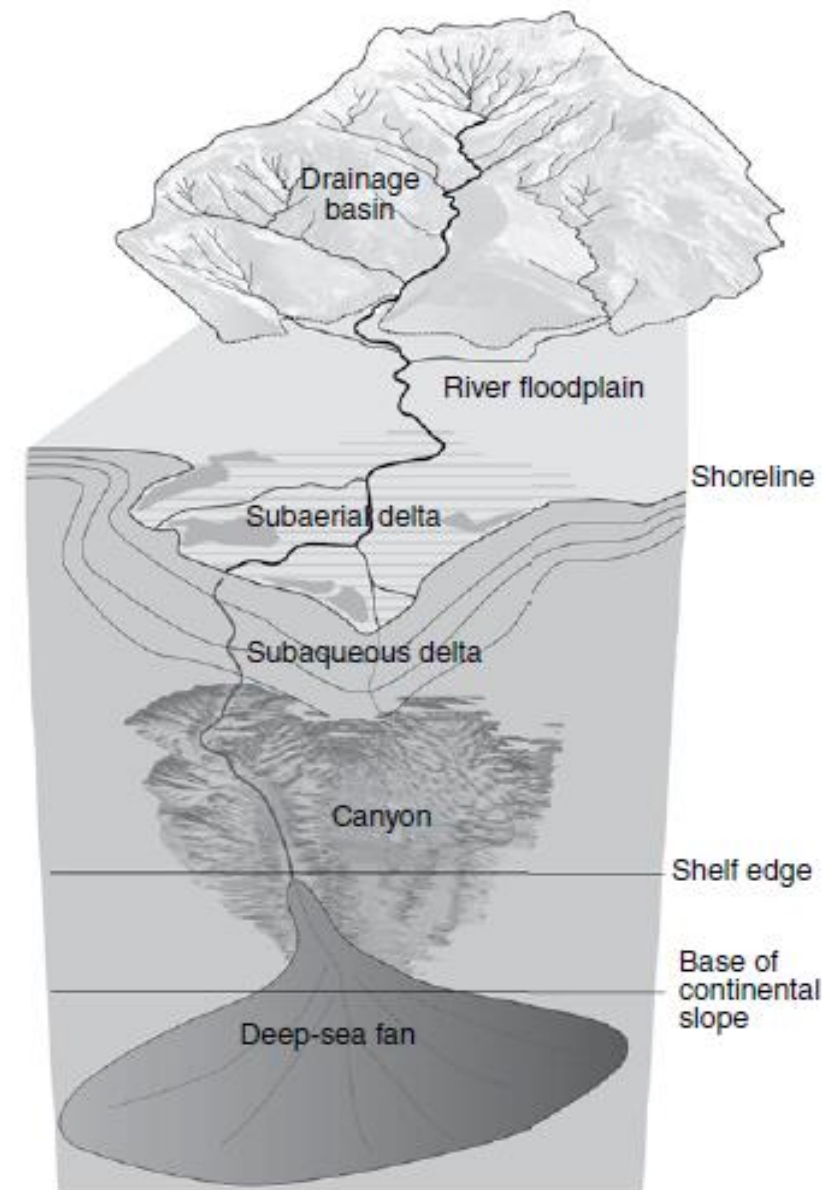
2.2.2. Delta dưới nước (subaqueous delta)

- delta ngầm (dưới nước) đều nằm ở phía trước delta trên cạn bao gồm tiền delta nông và sườn phía trước (prodelta) có bùn mịn hơn ở độ sâu nước lớn hơn, thường xuyên xen kẽ với lớp bùn mỏng hoặc lớp vỏ sò ốc mỏng.
- Những nơi có lưu lượng nước lớn và nguồn cung cấp trầm tích về cơ bản là bùn, như ở bao gồm bùn, như ở Amazon, thì nhiều trầm tích sông có thể được vận chuyển ra ngoài khơi cách cửa sông vài km, cho phép phát triển đáng kể phần delta dưới nước.
- Góc nghiêng của bề mặt lắng đọng các trầm tích sườn delta đang tiến triển, nói chung, là rất thoải, ngoại trừ trên các thềm lục địa dốc như trên Riviera thuộc Pháp ở phía đông nam nước Pháp, nơi có góc nghiêng cao đặc trưng cho các tích tụ tiền-delta, như trong trường hợp đồng bằng sông Vár.



2.2.3. Các delta và nón tích tụ biển sâu

- Các sườn và bồn nước ngoài khơi của các delta lớn trên thế giới thường được đặc trưng bởi các nón tích tụ biển sâu bị chia cắt bởi các hẻm vực (canyon) ở phần đỉnh của chúng.
- Các nón tích tụ biển sâu thường cách xa khỏi delta, và các hẻm vực của chúng là một bộ phận thiết yếu của hệ thống delta, và đôi khi tạo thành các tích tụ không lồ, làm nhỏ lại hầu hết các tích tụ trầm tích khác.
 - nón tích tụ Bengal vươn xa về phía nam tới đầu mút của tiểu lục địa Ấn Độ và có diện tích $3 \times 10^6 \text{ km}^2$ và vượt quá 4 km chiều dày và nón tích tụ của delta sông Indus, dày hơn 3 km, có diện tích $1 \times 10^6 \text{ km}^2$.
- Các delta thường được tách ra khỏi nón tích tụ biển sâu của chúng trong thời kỳ mực nước biển cao, bởi các thềm lục địa rộng, như hiện nay, nhưng một số delta, như Magdalena ở Colombia, được tạo nên bởi rìa thềm lục địa để trầm tích đi qua một hẻm vực tới nón tích tụ xa hơn.
- Mực biển dừng ở vị trí thấp là đặc biệt thuận lợi cho sự phát triển của các nón tích tụ biển sâu, như hầu hết các delta lớn trên thế giới đều có thể tiến triển ngang qua thềm lục địa để hình thành các delta rìa-thềm lục địa và cung cấp cho các nón tích tụ với một lượng lớn trầm tích.
- Điều kiện mực biển cao, một số delta đã giữ trầm tích được trên thềm lục địa, và lấy đi trầm tích của nón tích tụ biển sâu, như trong trường hợp của Amazon.



2.3. PHÂN LOẠI HÌNH THÁI- ĐỘNG LỰC CÁC DELTA SÔNG

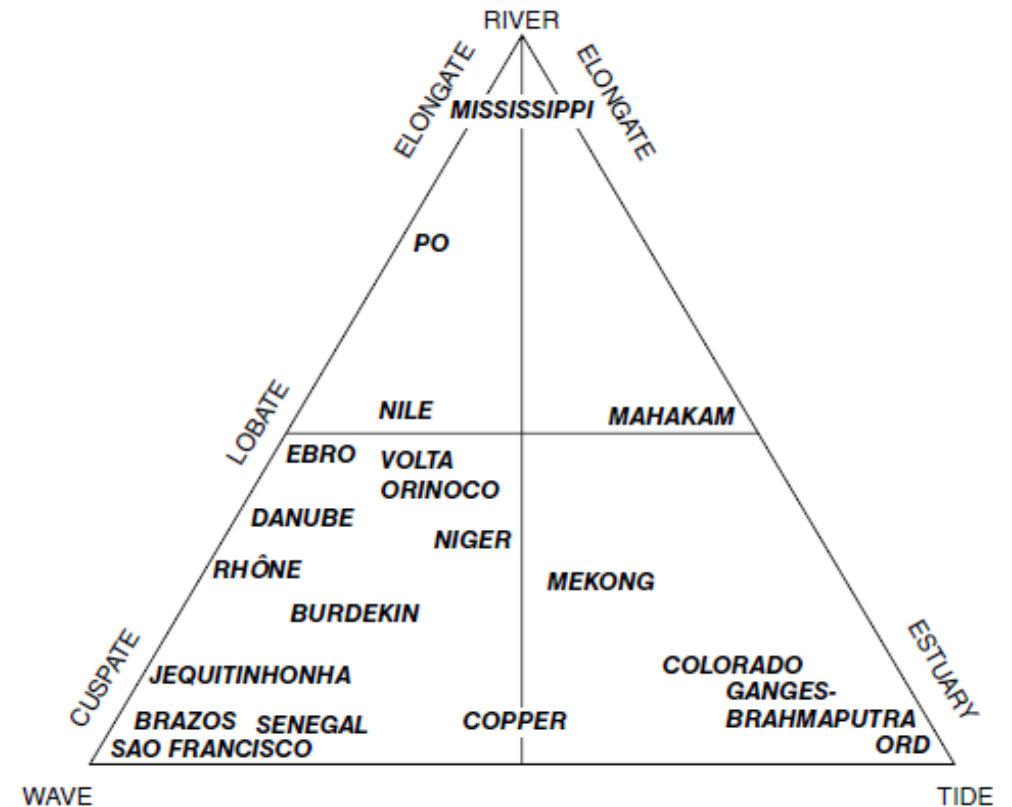
Delta Landforms (U.S. National Park Service)



Dvina river delta

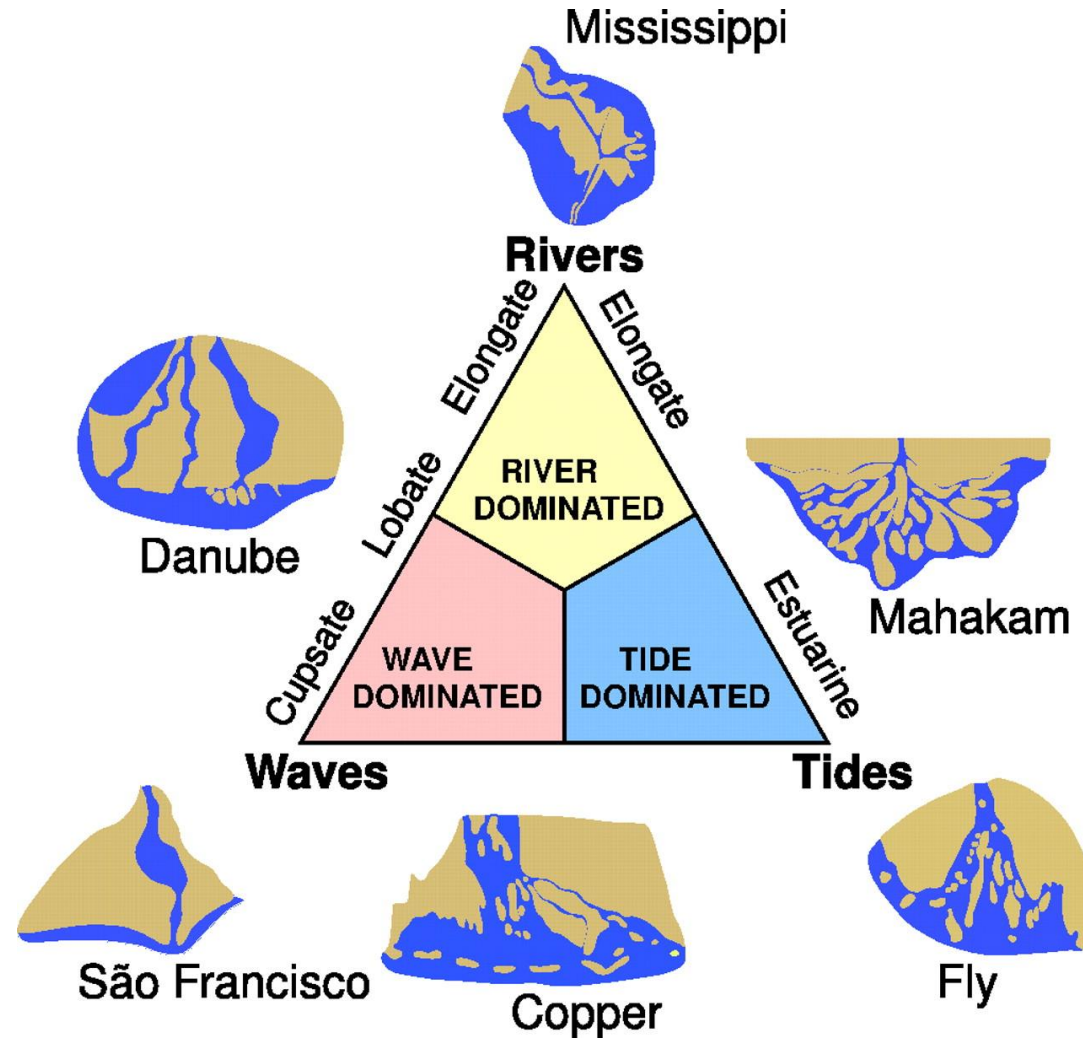
Hệ thống phân loại Delta

- 3 vị trí điểm cuối: do sông-chiếm ưu thế, do sóng chiếm ưu thế, và do thủy triều chiếm ưu thế, được nhóm vào sơ đồ hình tam giác,
- Delta do sông chiếm ưu thế thường kéo dài;
- Delta do sóng chiếm ưu thế thể hiện các đường bờ nhọn;
- Delta do thủy triều chiếm ưu thế có hình thái-bình đồ tương tự với các cửa sông với các cửa chịu ảnh hưởng của thủy triều phức tạp.
- Orton và Reading (1993) đã bổ sung thêm các đặc tính kích thước hạt cho bảng phân loại này.



Sơ đồ tam giác do Galloway đề xuất (1975)

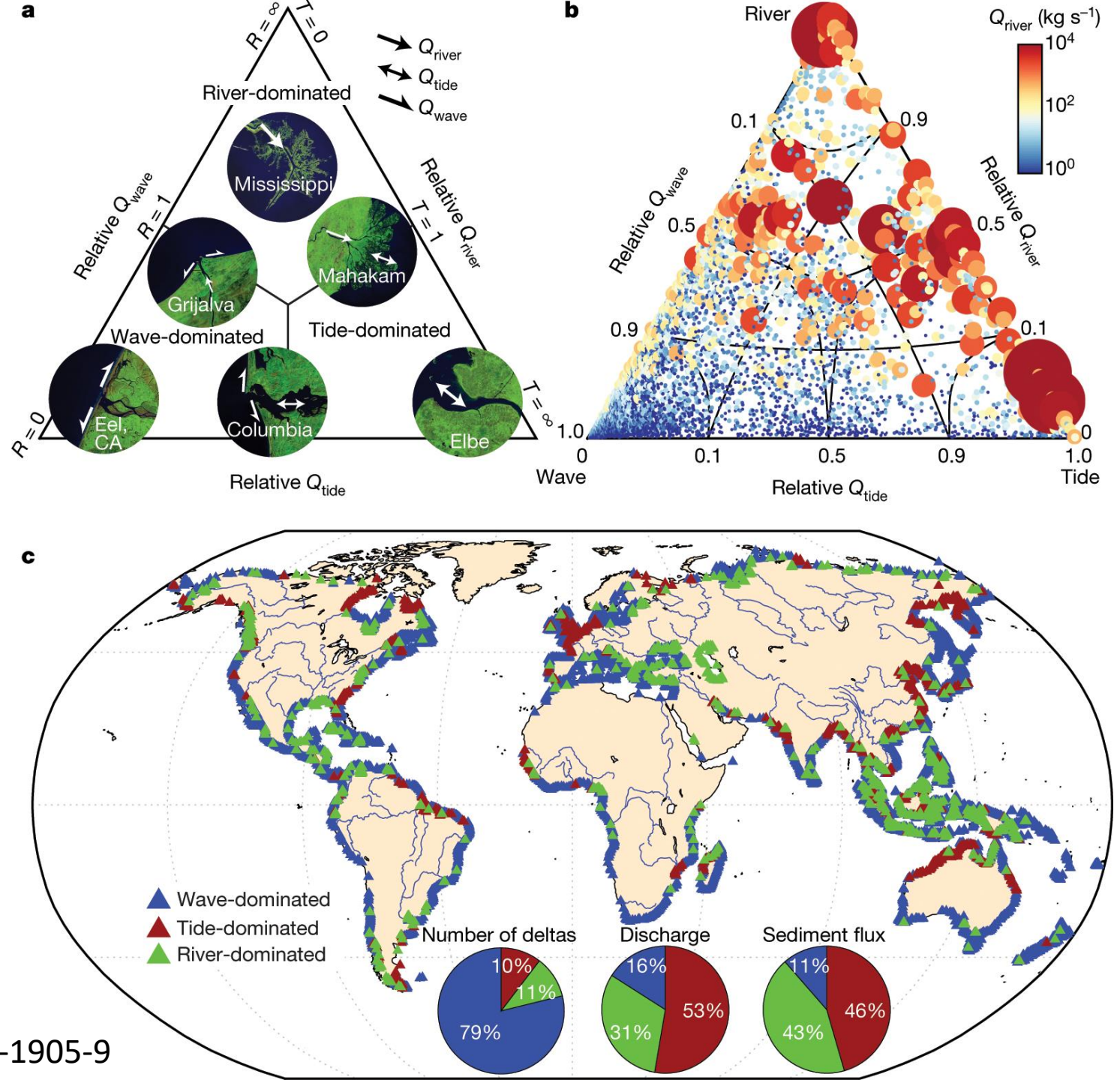
The classification scheme after Galloway (40), where wave-, tide-, and river-dominated deltas are distinguished in the extremes of the triangle.



Hansjörg Seybold et al. PNAS 2007;104:43:16804-16809

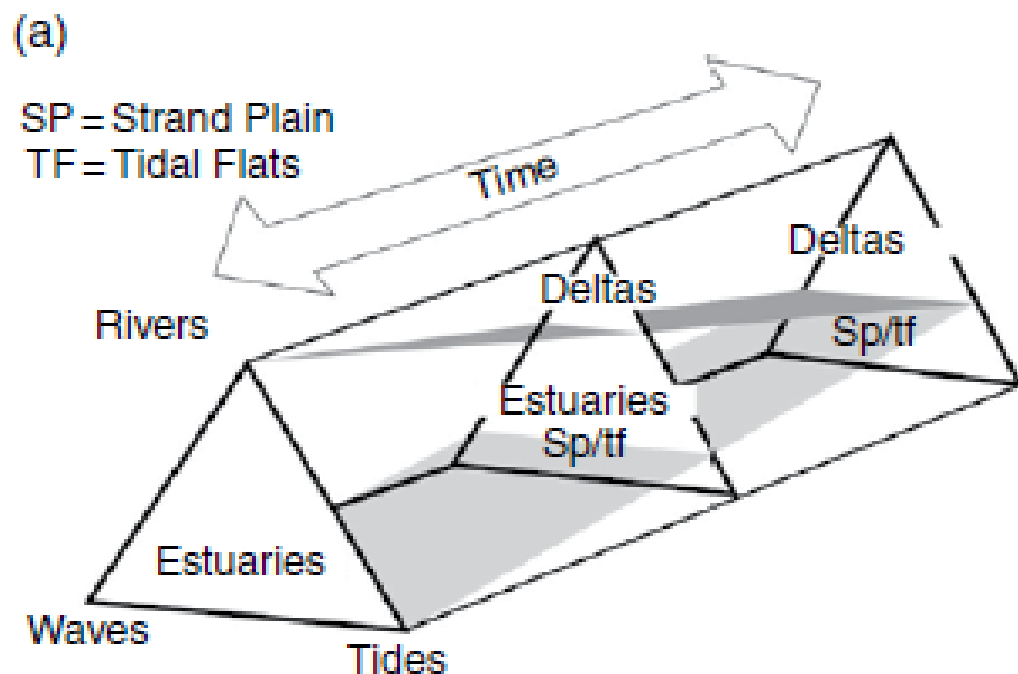
PNAS

Phân loại DELTA

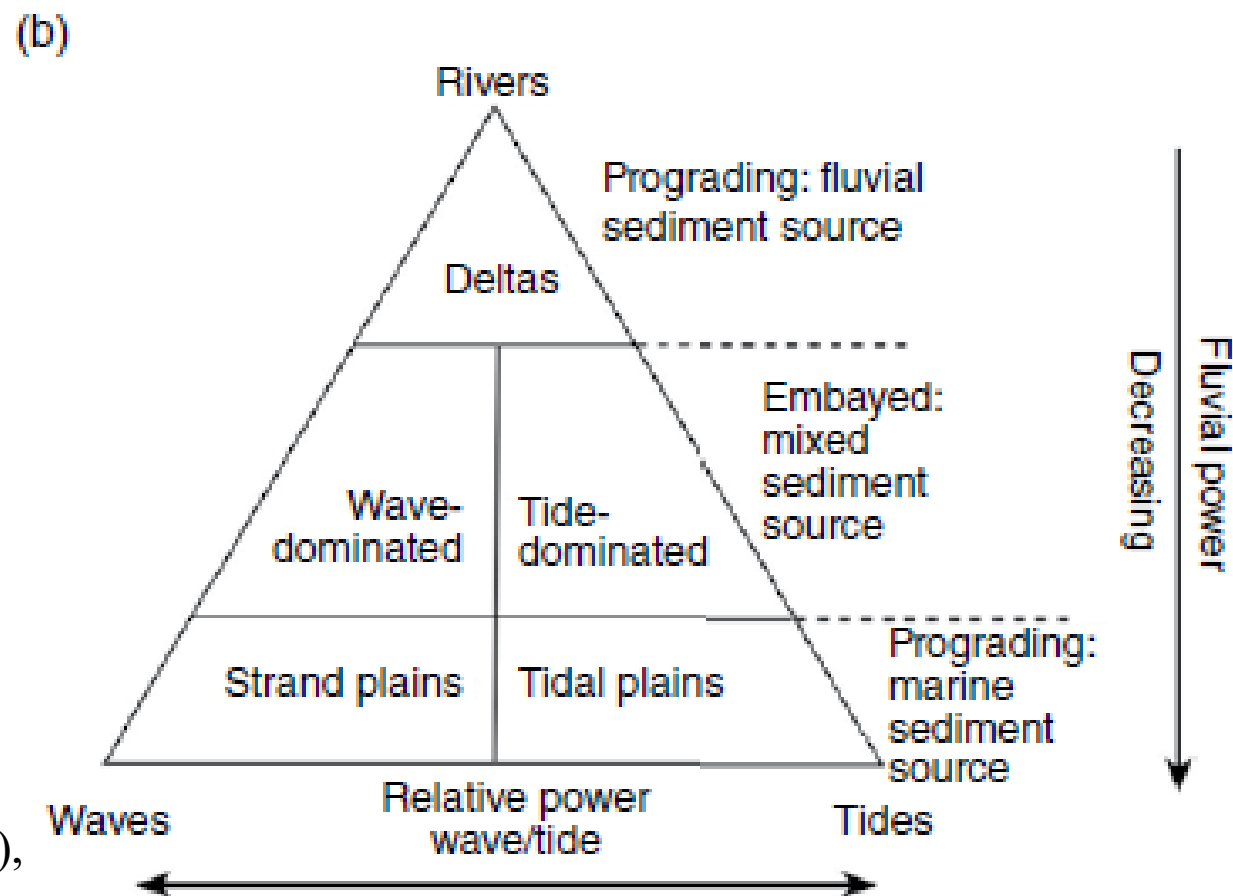


Phân loại delta

Một giao lộ thông qua lăng trụ cho thấy các delta có liên quan đến các dạng địa hình ven biển khác



Hình lăng trụ cho thấy sơ đồ phân loại bờ biển chung dựa trên các đầu vào sông, sóng và các quá trình thủy triều, và thay đổi của chúng theo thời gian (thay đổi mực nước biển), với nhiều cửa sông phát triển thành delta, do cửa của chúng bị lấp đầy



(Nguồn: Theo Boyd và cs., 1992).

2.3.1. Delta do sông chiếm ưu thế

- Delta do sông chiếm ưu thế được đặc trưng bởi lưu lượng sông lớn, nhưng sự phát triển thuận lợi nhất ở những nơi có ảnh hưởng của thủy triều và sóng yếu.
- Delta sông Volga trên bờ biển Caspian.
- Delta do sông chiếm ưu thế là delta sông Mississippi



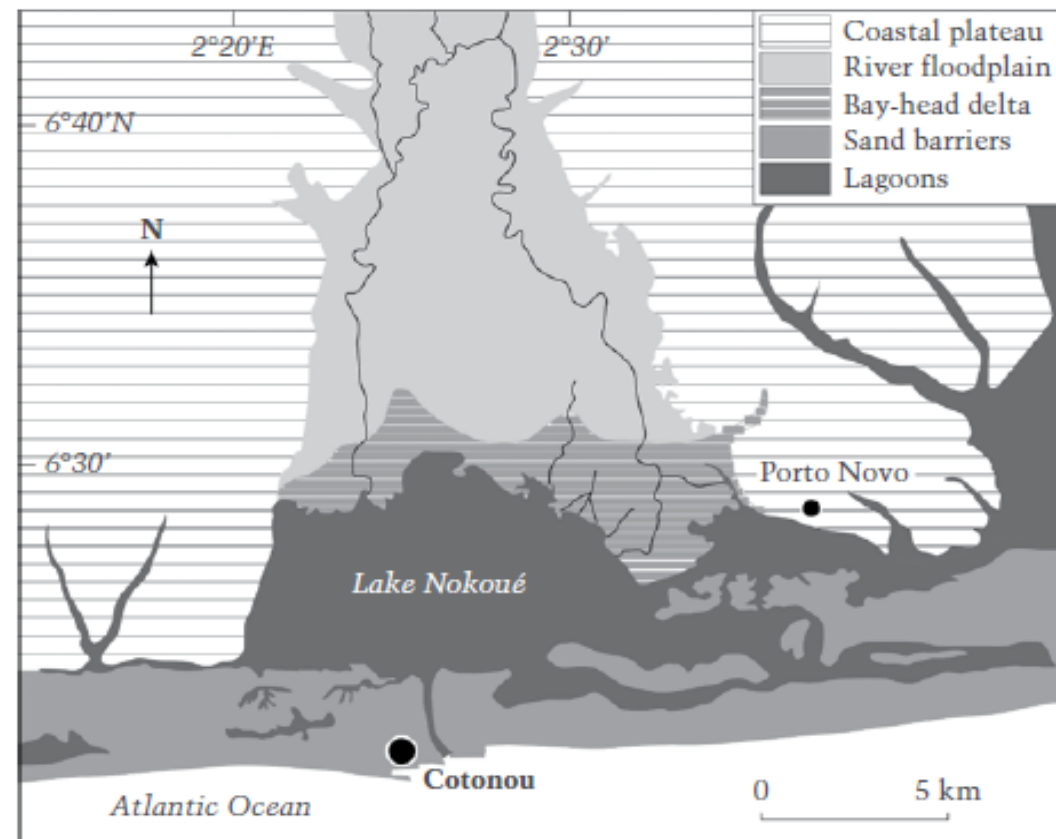
delta sông Mississippi

Đặc điểm

- Trong môi trường năng lượng thấp, các delta do sông chiếm ưu thế phát triển tốt nhất, các dòng chảy được sinh ra do sóng và thủy triều quá yếu để phân bố lại trầm tích và sóng không sửa lại trầm tích này thành các dạng đường bờ biển thông thường, như bãi biển.
- Đôi khi, sóng có thể tạo ra các val bãi/bờ tuyến tính nhỏ và không liên tục. Những nơi có các dạng địa hình này nằm trên bùn, thì chúng được gọi là cheniers.
- Các delta do sông chiếm ưu thế thường có dạng kéo dài được xác định bởi các chi lưu kéo dài về phía hạ lưu, được củng cố ở hai bên bằng các đê thiên nhiên, đổ vào bồn tiếp nhận

2.3.2. Các delta do sóng chiếm ưu thế

- Các delta do sóng chiếm ưu thế thịnh hành trong các môi trường có năng lượng sóng hiệu quả, dẫn đến việc sửa lại và phân phối lại tải lượng đáy fluvial, tạo ra hình thái delta.
- Các delta do sóng chiếm ưu thế có lẽ là phổ biến nhất trong ba loại delta, do tính phổ biến của sóng.
- Nhân tố sóng liên quan đến cả xây dựng bãi biển trực tiếp và vận chuyển dọc bờ tải lượng đáy của sông để tạo thành các dãi tích tụ và đảo chắn có thể giam hãm các đầm phá.
- Delta do sóng chiếm ưu thế thường biểu thị chuỗi val bãi song song với bờ hoặc các dãy được trang trí bởi cồn cát, ghi lại chuỗi tiến triển về việc sửa lại trầm tích sông do sóng.
- Hình dạng của delta do sóng chiếm ưu thế thường là nhọn,



Delta đỉnh vịnh ở Benin, Tây Phi, hình thành phía sau cồn chắn nhiều val bờ/bãi rộng vài km, đầm phá, tạo thành hồ Nokoué. Sông Ouémé diện tích lưu vực khoảng 50.000 km².

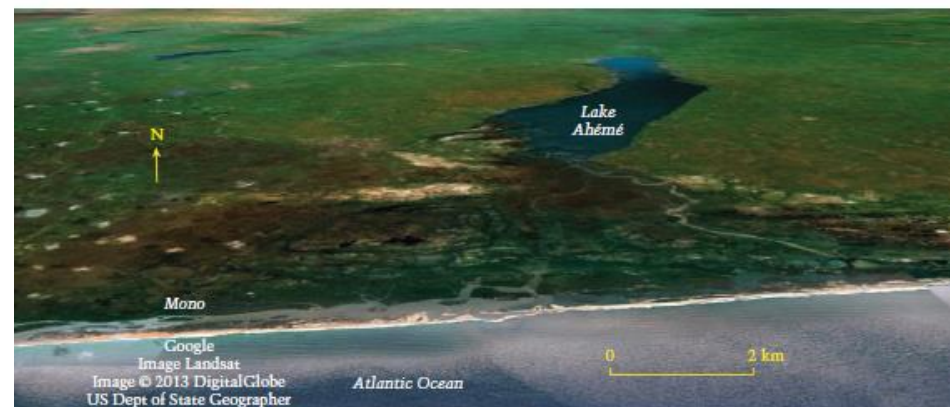
2.3.2. Các delta do sóng chiếm ưu thế



Delta sông Jequitinhonha ở Brazil là một ví dụ điển hình về delta chiếm ưu thế do sóng, cho thấy hình thái đường bờ nhọn điển hình.



Delta sông Senegal và sông Mono, ở Tây Phi, hai ví dụ ở những nơi có dòng trôi dọc bờ mạnh mẽ được tạo ra do sóng làm cản trở sự tiến triển đường bờ delta, thường tạo ra sự lệch hướng của cửa sông và tăng trưởng doi tích tụ



2.3.2. Các delta do sóng chiếm ưu thế

- Ở những nơi, các dòng sông lớn chảy trên bờ biển chịu dòng trôi dọc bờ mạnh, điều này thường dẫn đến các delta bị lệch-dọc bờ mạnh mẽ, có thể chậm dứt tiến triển, với cát được đưa xuống dưới, tạo ra một đường bờ delta thẳng do dòng trôi ở trạng thái cân bằng đơn giản, như trong ví dụ về delta sông Senegal.
- Trong trường hợp cực đoan về ảnh hưởng của sóng liên quan đến dòng trôi dọc bờ khổng lồ định hướng mạnh mẽ, thì sự phát triển delta có thể được kiên định, do tải lượng đáy được vận chuyển ra ngoài cửa sông. Sông Mono ở Benin.
- Bất chấp sự lấp đầy đáng kể phần thung lũng thấp hơn của nó, sông Mono, cung cấp khoảng 100.000 mét khối cát trong một năm cho Bight trên bờ biển Benin, nhưng không thể tiến triển được, bởi vì cát bị quét dọc theo bờ biển về phía đông dòng trôi dọc bờ mạnh được tạo ra do sóng lên tới 1,5 triệu m³/năm.

2.3.3. Các delta do thủy triều chiếm ưu thế

- Các delta do thủy triều chiếm ưu thế xảy ra ở những nơi thủy triều lớn là nhân tố kiểm soát toàn diện về hình thái delta.
- Ảnh hưởng của thủy triều thường được thể hiện bằng sự phát triển rộng rãi các bãi triều, bao gồm trạng thái hỗn độn của các lạch triều uốn khúc.
- Đường bờ của các delta do thủy triều chiếm ưu thế thường cực kỳ bất thường, bao gồm các cửa cửa sông có dạng-hình loa đến hình phễu, rộng



2.3.3. Các delta do thủy triều chiếm ưu thế

- Tải lượng đáy trong các lòng dẫn này được tích tụ là các cồn ngầm kéo dài và các đảo vuông góc với đường bờ biển và được sắp thẳng hàng với dòng triều hai hướng, và các lòng dẫn thon nhỏ về phía thượng nguồn.
- Sự xâm nhập thủy triều lên phía thượng nguồn trong các lòng dẫn, nói chung, là quan trọng, tạo ra thay đổi mực nước, đôi khi trên khoảng cách đáng kể về phía thượng nguồn.
- Trong các delta do thủy triều chiếm ưu thế, các dãy cát và chenier có thể tạo nên các cồn chắn rời rạc được phát triển dưới ảnh hưởng của các đợt sóng mạnh.

2.3.3. Các delta do thủy triều chiếm ưu thế

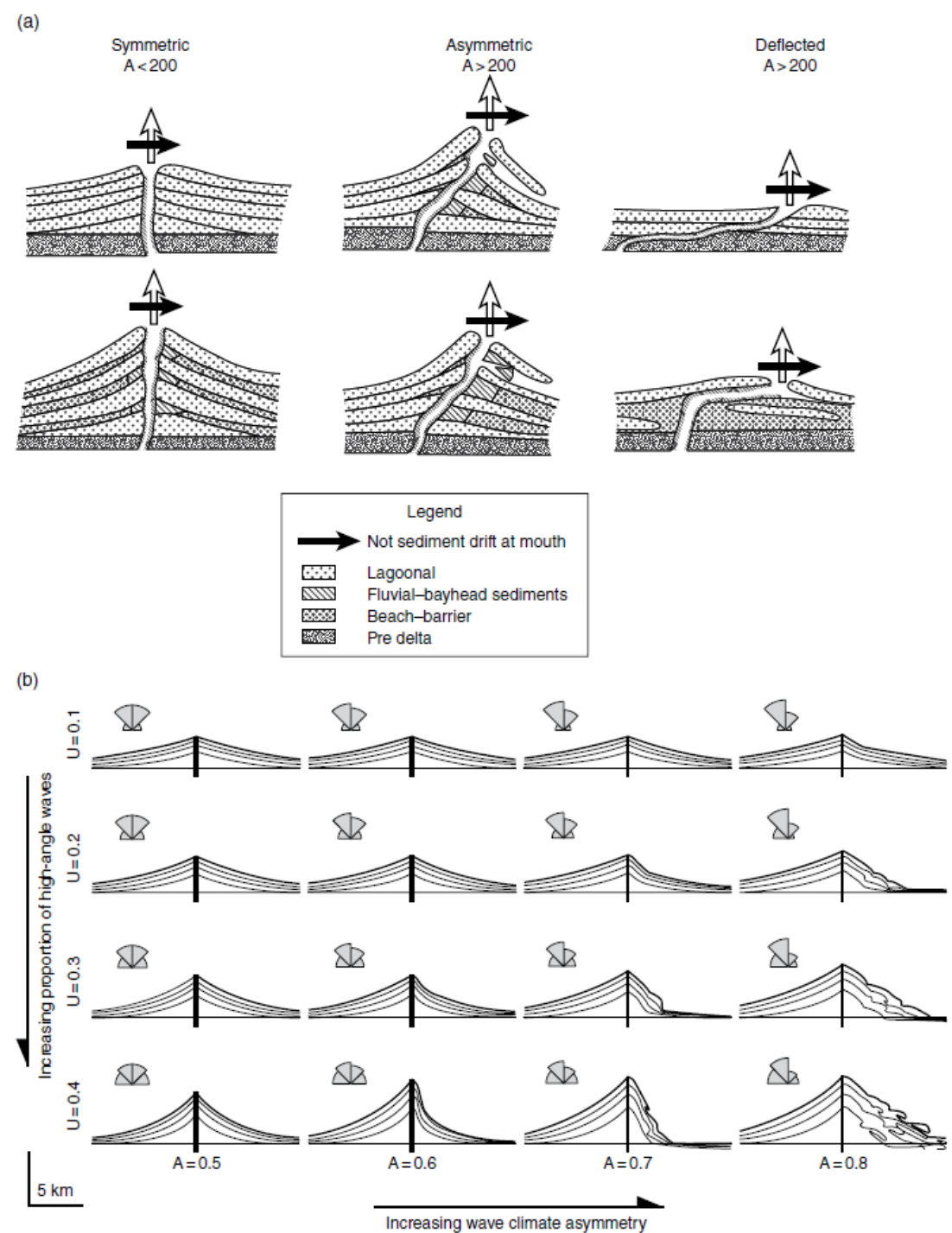
- các delta do thủy triều chiếm ưu thế là các hệ thống cửa sông hơn là delta thực sự, một quan điểm đã trở thành không thể phủ nhận do những nghiên cứu khoa học tốt hơn về các hệ thống delta lớn ở Châu Á chịu ảnh hưởng của thủy triều chiếm ưu thế, đặc biệt là trong thập niên qua.
- Năm trong bảy delta hiện đại lớn nhất (xem hình 2.4) đều là các delta lớn do thủy triều chiếm ưu thế, bao gồm cả hai delta lớn nhất, Amazon và Ganges-Brahmaputra
- Thiên hướng cho độ lớn thủy triều cao được gắn liền với các delta như vậy có thể liên quan một phần đến việc phát triển quan trọng của các thềm lục địa nông và rộng lớn qua thời gian địa chất bởi các trầm tích được mang xuống dưới bởi những con sông này.
- Mặc dù giống các cửa sông do thủy triều chiếm ưu thế, nhưng các delta do thủy triều chiếm ưu thế được đặc trưng bởi nguồn cung cấp trầm tích lục địa chung cuộc cho bờ biển, giống như các hệ thống delta khác.

2.3.4. Định lượng các nhân tố kiểm soát sông, sóng và thủy triều

- Nhiều nỗ lực khác nhau đã được thực hiện để định lượng các nhân tố kiểm soát hình thái-động lực delta, bằng cách sử dụng tỷ số kết hợp lưu lượng sông, độ cao sóng và độ lớn thủy triều.
- Bhattacharya và Giosan (2003) nhấn mạnh tiềm năng cho phát triển bất đối xứng của các delta dưới ảnh hưởng của sóng và đề xuất một chỉ số bất đối xứng để cố gắng thể hiện tầm quan trọng của ảnh hưởng sóng liên quan tới các quá trình sông.
- Tính bất đối xứng được tạo ra do sóng đã được Ashton và Giosan (2011) phân tích sâu hơn tiếp theo.

2.3.4. Định lượng các nhân tố kiểm soát sông, sóng và thủy triều

- Tính bất đối xứng đường bờ biển dạng bình đồ của delta và sóng:
- (a) chỉ số bất đối xứng về hình thái delta được khái quát hóa;
- (b) loạt thời gian quan sát bình đồ của các đường bờ delta được mô phỏng ở vùng lân cận cửa sông chiếm ưu thế do sóng đối với các sóng có góc tới-cao khác nhau, với việc ghép các biểu đồ loại hóa năng lượng sóng đã được chuẩn hóa-theo diện tích

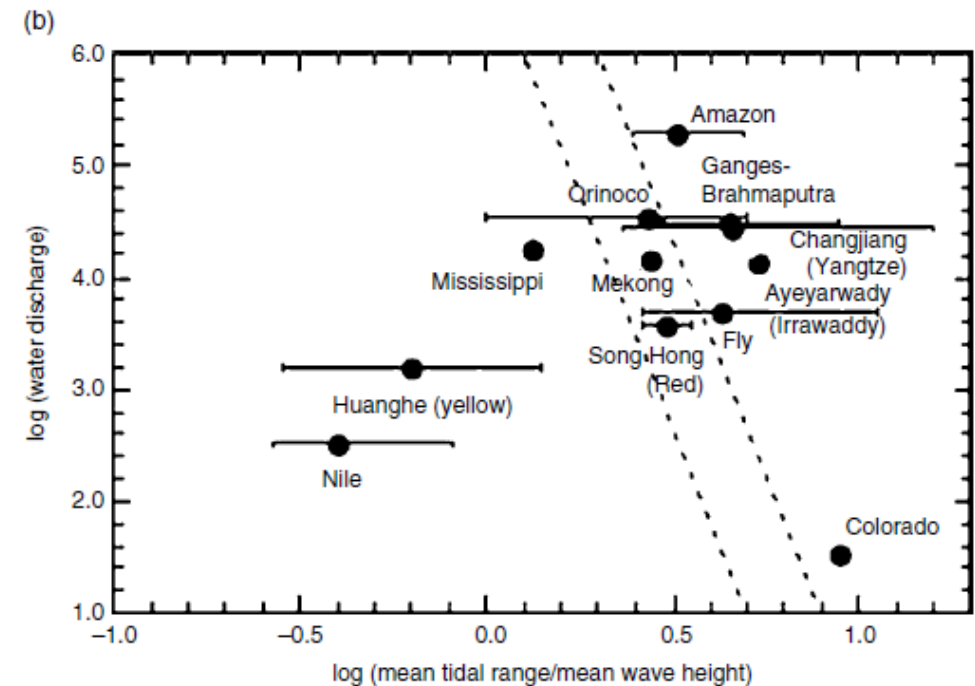
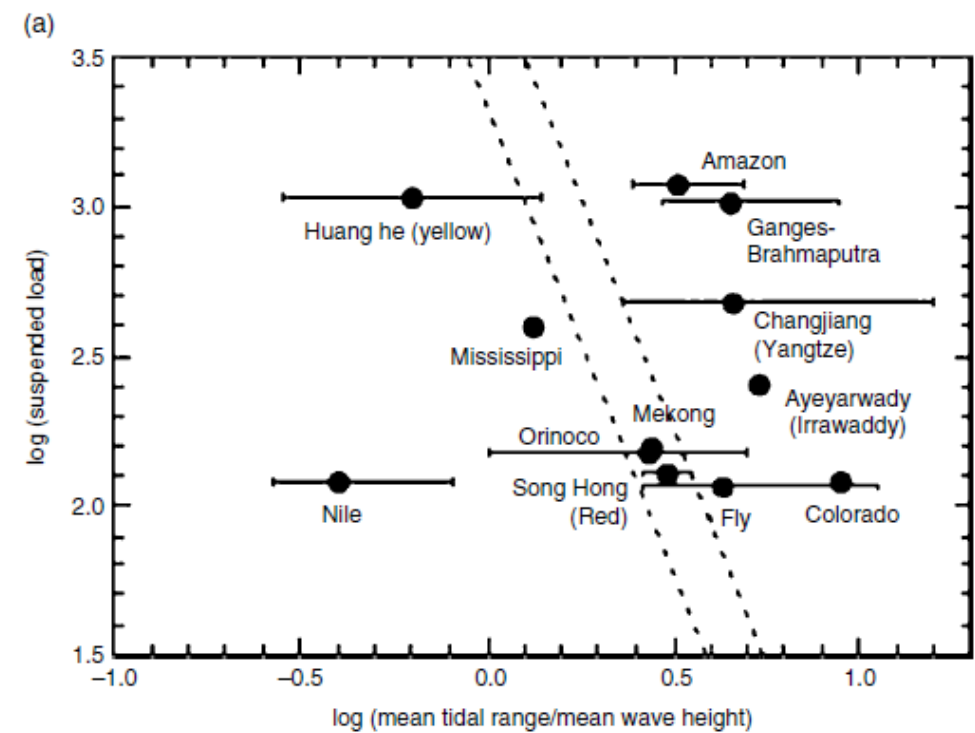


Tính bất đối xứng được tạo ra do sóng

- góc tới delta của sóng có thể có ảnh hưởng bậc-đầu tiên đến sự tiến hóa hình thái theo dạng bình đồ và kiến trúc trầm tích của nó
- Hori và Saito (2008) đã đưa ra các chỉ số định lượng dựa trên độ lớn thủy triều, độ cao sóng và tải lượng trầm tích lơ lửng, để phân biệt giữa các delta chịu ảnh hưởng của sóng, chịu ảnh hưởng của sóng và thủy triều hỗn hợp và chịu ảnh hưởng của thủy triều, đang giữ lại các giả định có giá trị hợp lệ rằng, tất cả các delta đều bị ảnh hưởng mạnh mẽ bởi lưu lượng và tải lượng trầm tích sông

Phân loại bán định lượng các delta sông chính dựa trên biểu đồ log của độ lớn thủy triều trung bình/độ cao sóng trung bình

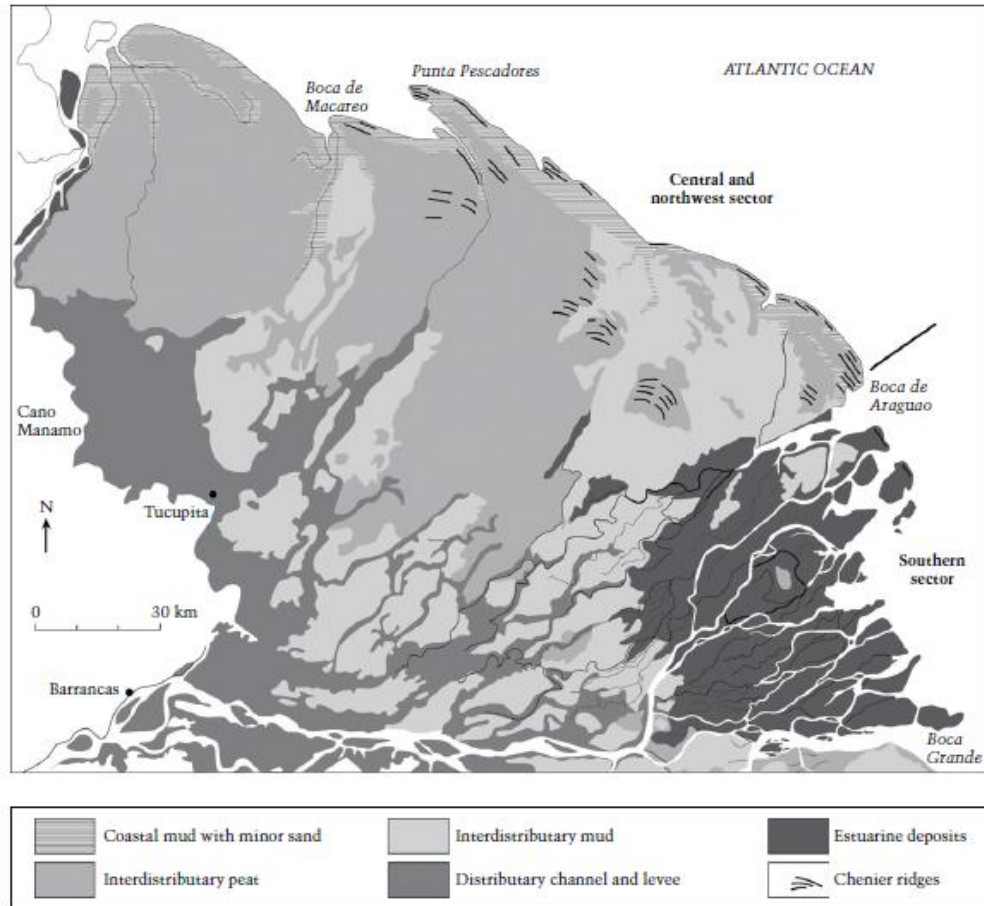
- (a) log của tải lượng vật lơ lửng; và
- (b) log của lưu lượng nước. Các sơ đồ giả định rằng, tất cả các delta đều chịu ảnh hưởng mạnh mẽ của lưu lượng và tầm tích sông.
- Các đường đứt phân chia ba nhóm (các delta chịu ảnh hưởng của sóng, chịu ảnh hưởng hỗn hợp của sóng và triều, và chịu ảnh hưởng của thủy triều) được vẽ bằng mắt.
- (Nguồn: Hori và Saito 2008).



2.3.5. Tính biến thiên hình thái-động lực theo không gian và thời gian

- Hình thái của đồng bằng delta và sự đa dạng về các môi trường, trong đó có liên quan chặt chẽ với kiểu quá trình chiếm ưu thế đang ảnh hưởng đến delta.
- Các quá trình được tạo ra bởi dòng chảy sông, sóng và thủy triều ảnh hưởng đến hầu hết các cửa sông khác nhau.
- Trong khi mỗi một trong ba tác nhân này có thể chiếm ưu thế rõ ràng chế độ quá trình của delta, thì chúng cũng có thể cho thấy sự thay đổi đáng kể và chồng xếp lên nhau theo không gian và thời gian.
- Các biến thiên về không gian ảnh hưởng đến các delta lớn và xuất hiện do gradient dọc bờ theo ba lực, đáng chú ý là sóng và thủy triều.

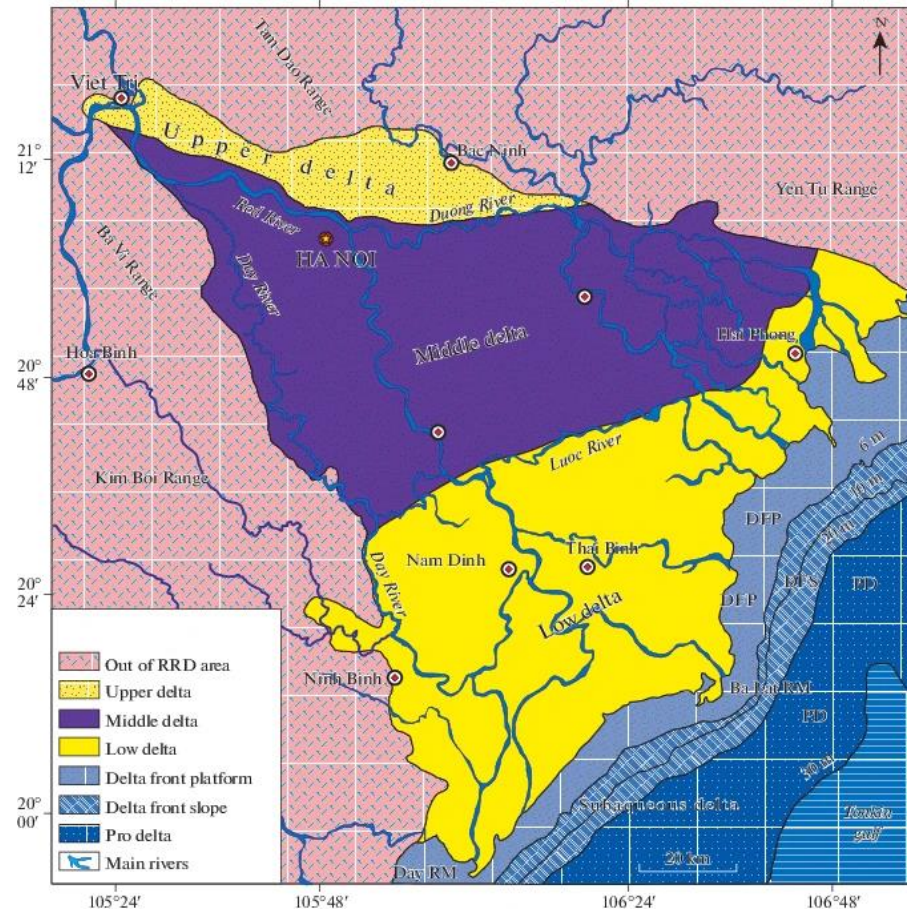
Hình thái delta là đa dạng nhất



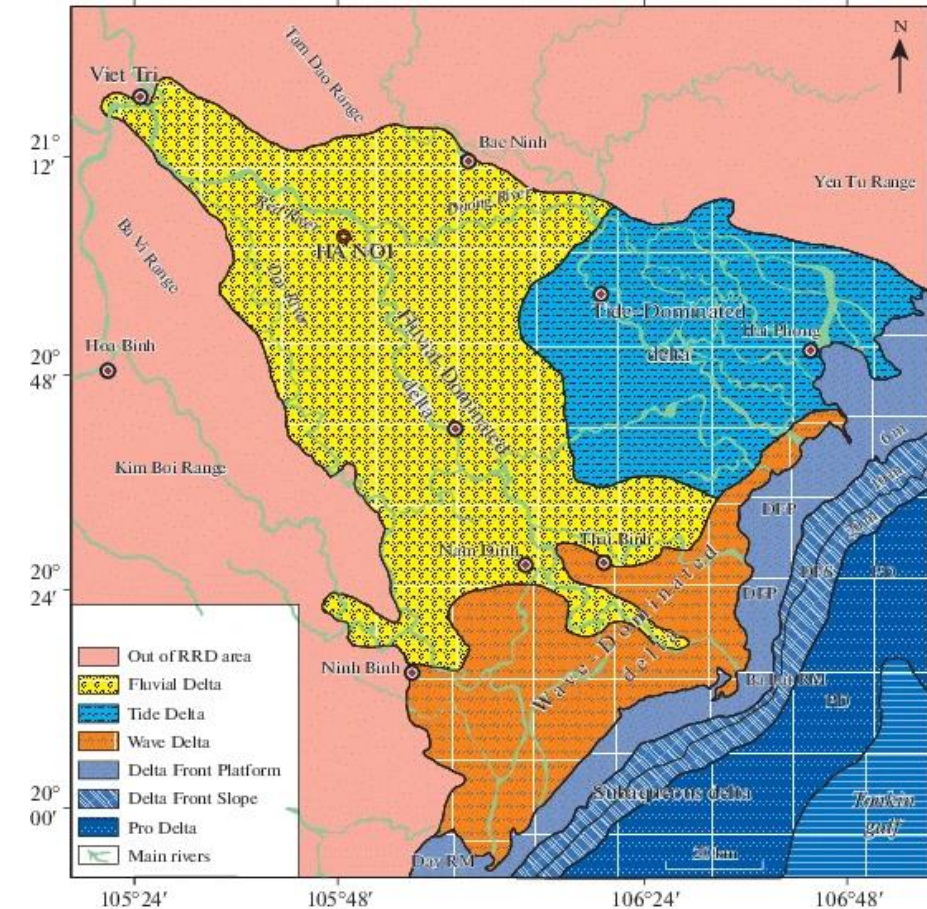
- Địa mạo delta sông Orinoco, delta lớn thứ ba ở Nam Mỹ, một loạt đặc điểm, phản ánh sự khác biệt dọc bờ về sự chiếm ưu thế của sông, triều và sóng
- delta chiếm ưu thế do sông và bộ phận phía nam bị ảnh hưởng của thủy triều và bộ phận đông-bắc và trung tâm chiếm ưu thế do sóng.
- Sự tiến triển vào Holocene muộn, về cơ bản, bị chi phối bởi nhánh phía nam ở delta phía nam (cửa delta Boca Grande), dẫn đến phần lớn đồng bằng delta trung tâm và tây bắc trở nên đới trầm tích và chịu sự tích tụ trầm tích than bùn rộng rãi.
- Điều này cũng xuất hiện để giải thích hình thái chiếm ưu thế do sóng của các bộ phận delta này, được đặc trưng bởi nhiều dãy cát giữa các lòng sông Boca de Aragua và Boca de Macareo.
- (Nguồn: Theo Warne và cs., 2002a)

Hình thái delta là đa dạng nhất

Các delta của một số sông lớn ở Châu Á cũng được chỉ ra để biểu thị tính biến thiên hình thái-động lực dọc theo bờ biển



Topological zoning of the Red River Delta



The RRD zoning according to the origins of its formation

Hình thái delta là đa dạng nhất

- Các biến thiên dọc bờ biển như vậy làm phức tạp cho phân loại các kiểu delta.
- Biến thiên theo thời gian thường phản ánh sự thay đổi về nguồn cung cấp trầm tích sông, có ảnh hưởng đến sự cân bằng giữa các quá trình sông và biển (đặc biệt là sóng), và có thể xảy ra qua tất cả các quy mô thời gian, từ hàng ngàn năm cho đến theo mùa của dòng chảy.
- Các biến thiên tạm thời được gắn liền với các nhịp điệu, thông thường từ chiếm ưu thế do sông đến chiếm ưu thế do thủy triều, ở những nơi có biến thiên lưu lượng sông theo mùa chiếm ưu thế, như ở các delta gió mùa ở Đông Nam Á và Đông Á

Hình thái delta là đa dạng nhất

- Trong các delta chiếm ưu thế do thủy triều, đặc biệt, có sự tách biệt về địa lý giữa các vùng vẫn còn chiếm ưu thế do sông và nhiều phần bị bỏ rơi của delta, bị chi phối bởi các quá trình khác,
- Delta sông Ganges-Brahmaputra (Woodroffe và Saito, 2011).
 - Lòng sông chính hoạt động của delta này, được gọi là Meghna, là delta chiếm ưu thế do sông,
 - Sundarbans, bao gồm delta suy tàn của Ganges về phía tây, là delta chiếm ưu thế do thủy triều.

Hình thái delta là đa dạng nhất

- Các delta thường được coi là delta sóng chiếm ưu thế,
- Danube, Rhone và Ebro ở châu Âu, và Volta ở Tây Phi
- Hình thái thùy, chứ không phải hình thái nhọn, thể hiện rõ ràng sự thỏa hiệp giữa ảnh hưởng của sông và sóng, thuận lợi hơn cho việc giữ lại trầm tích thô trong phạm vi delta, cũng như tự tổ chức của delta.



Hình thái delta là đa dạng nhất

- Ngay cả khi ảnh hưởng của sóng mạnh, thì những điều chỉnh hình thái-động lực của delta quy mô lớn có thể điều khiển cấu trúc ô (cell) của dòng trôi dọc bờ, ngăn chặn cát rò rỉ khỏi hệ thống.
- Điều này xảy ra thông qua những gì có thể được gọi là hiệu ứng “kè mỏ thủy lực” lưu lượng sông (và thủy triều), trong đó dòng cửa sông chảy ra mạnh làm khúc xạ sóng. Kiểm soát góc sóng tới được ủng hộ như là một nguyên nhân của dòng trôi hoán vị dòng trôi ra (downdrift) của các cửa delta chịu ảnh hưởng của sóng

Hình thái delta là đa dạng nhất

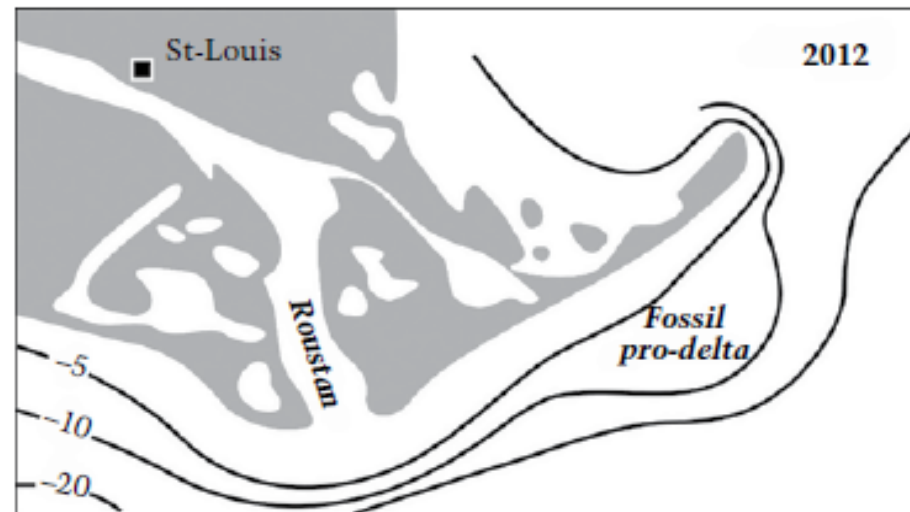
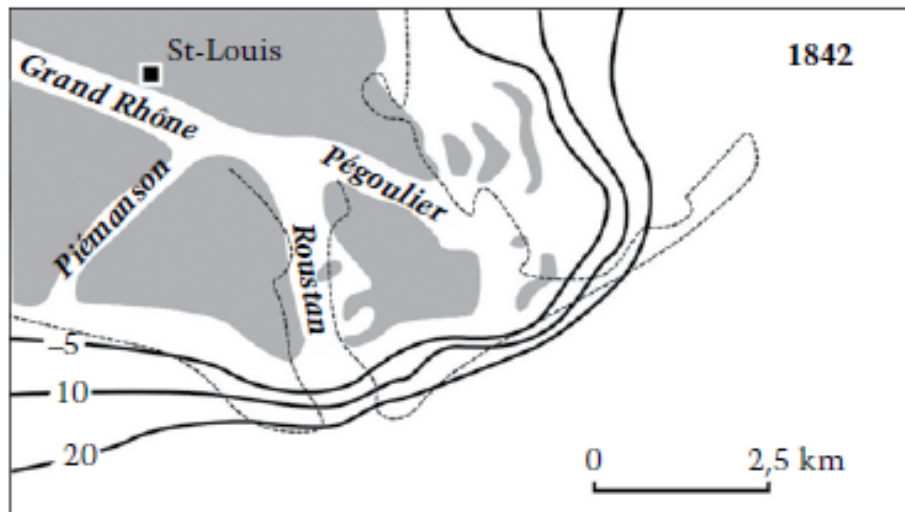
- Sự đảo ngược dòng trôi tương tự cũng xảy ra, tuy nhiên, các dòng trôi ra (downdrift) của các cửa delta, mà ở đó, hướng đường bờ thay đổi nhanh chóng do sự tiến triển được phát biểu rõ rệt hơn ở bộ phận cửa là kết quả của hiệu ứng kè mỏ thủy lực đối với sóng, dẫn đến việc bảo tồn phần lớn tải lượng đáy cho sự tiến triển.
- Các điểm cuối cùng của delta dòng trôi ra thường là những doi cát nổi bật, như trên các delta Volta, Ebro và Rhone.

Hình thái delta là đa dạng nhất

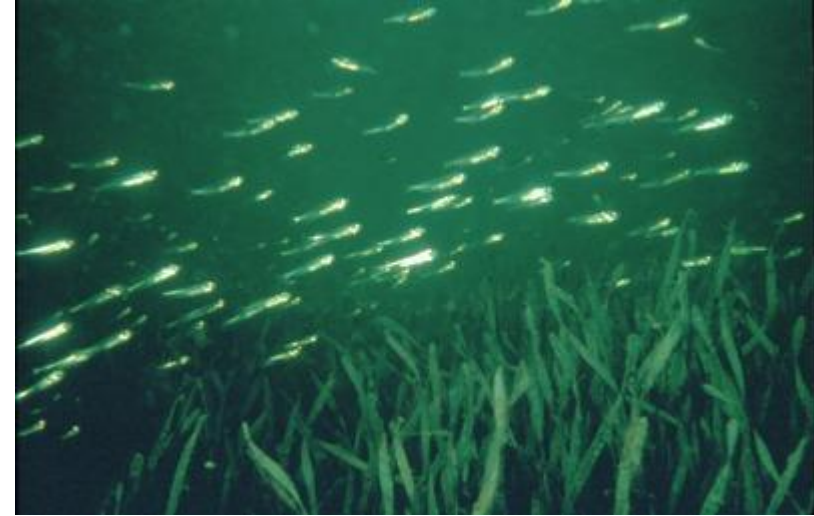
- Ở những nơi có một số cửa nhánh, việc tăng lên nhiều lần hiệu ứng kẻ mở thủy lực, thì tình biến thiên dọc bờ được phát biểu về vận chuyển cát do sóng xảy ra sau đó, dẫn đến nhiều ô dòng trôi đảm bảo sự duy trì cát, như ở các delta Mê Kông và Niger, cho thấy một sự cân bằng rõ ràng giữa sự chiếm ưu thế của sông, sóng và thủy triều.
- Bằng ảnh hưởng đến cách sóng phân bố lại trầm tích delta, các kiểm soát này biểu lộ những yếu tố quyết định sông (và thủy triều) đến phát triển delta, ngay cả khi ảnh hưởng của sóng ở xung quanh là mạnh mẽ, như được chỉ ra bởi các val bãi/bờ được tạo nên-do sóng phổ biến ở các delta này.
- Từ nghiên cứu delta sông Danube, Giosan và cs. (2005) đã đề xuất thêm rằng, hình thái-động lực cửa sông có tính phi tuyến tính cao, bao gồm những phản hồi phức tạp giữa sự tiến triển delta trên cạn, tích tụ trên delta dưới nước, thủy động lực dòng chảy và sóng và các môi tương tác sóng-dòng chảy. Bất chấp tính phức tạp của các quá trình lắng đọng trầm tích này, hình thái cuối cùng tại cửa sông đều thể hiện xu hướng tự tổ chức.

Hình thái delta là đa dạng nhất

- Theo thời gian, sự chuyển đổi tinh tế theo thời gian từ sự chiếm ưu thế do sông và sóng hỗn hợp sang chiếm ưu thế do sóng mạnh hơn có thể xuất hiện ở những nơi lưu lượng sông bị ảnh hưởng bởi cạnh tranh giữa các lòng sông, hoặc bằng cách biến đổi do công trình gây thiệt hại cho lòng sông, như ở delta sông Rhône. Ngược lại, các thùy delta trước đây của sông Mississippi đã có hình dạng thùy cao cho thấy các quá trình sóng trong quá khứ quan trọng hơn so với delta do sông chiếm ưu thế mạnh mẽ hiện nay.



2.4. CÁC QUÁ TRÌNH BẦY TRẦM TÍCH Ở DELTA VÀ TÁI PHÂN BỐ TRẦM TÍCH BỜ BIỂN



2.4.1. Tích tụ đồng bằng delta

- Các delta tăng trưởng bằng cách tích tụ lên trên và tiến triển ra ngoài khơi. Các quá trình liên quan đến hai cơ chế này và đến sự cân bằng của chúng là tương đối phức tạp.
- Trong những thời kỳ lưu lượng cao, sự lắng đọng trầm tích trong các lòng sông trở nên rất quan trọng. Ở những nơi có sẵn nhiều trầm tích, thì vật liệu thô nhất được vận chuyển do tải lượng đáy trong lòng sông. Bờ sông có thể bị ngập nước, dẫn đến ngập lụt các bãi bồi lân cận. Cát mịn và bùn được vận chuyển dưới dạng lơ lửng trong những trận lụt này được tích tụ dọc theo bờ sông ở những nơi năng lực dòng chảy giảm đi, do đó hình thành các con đê thiên nhiên. Việc chọc thủng đê thiên nhiên thông qua sự mở rộng kẽ hở cho phép tích tụ nhanh chóng các nón trầm tích thô trên các tích tụ bãi bồi hạt mịn với sự sụt giảm đột ngột về năng lực dòng chảy.

2.4.1. Tích tụ đồng bằng delta

- Các bãi bồi thường bị thực vật chiếm đóng bao gồm đất rừng hoặc đầm lầy với nhiều hồ và ao, mà trong đó, than bùn có thể được hình thành.
- Chuỗi lắng đọng trầm tích ở nhiều delta có thể bao gồm một lượng than bùn đáng kể, có độ nén cao so với sét, bột và cát.
- Loại sét ảnh hưởng đến tích lũy chất hữu cơ như vậy và phát triển than bùn tiếp theo bằng việc hạn chế hoặc cho phép dòng nước-lũ hồng trong các tích tụ thủy triều và tích tụ tràn bờ trên toàn bộ đồng bằng delta.
- Dòng nước-lũ hồng có hạn khuyến khích các điều kiện đất ngập nước lại tiếp tục thúc đẩy sự tích lũy vật chất hữu cơ.

2.4.1. Tích tụ đồng bằng delta

- Edmonds và Slingerland (2010) đã sử dụng mô hình số dòng chảy và vận chuyển để cho thấy rằng, độ gắn kết của trầm tích có ảnh hưởng mạnh mẽ đến hình thái của delta.
- Các trầm tích có độ cố kết cao tạo thành các delta sông chiếm ưu thế với các đường bờ biển quanh co (rugose) và các bãi bồi phức tạp, trong khi các trầm tích ít cố kết lại dẫn đến các delta dạng quạt với đường bờ biển trơn tru và bãi bồi bằng phẳng.
- Độ cố kết trầm tích cũng kiểm soát số lượng lòng sông được hình thành trong delta và góc phân nhánh trung bình của các dòng sông đó.

2.4.1. Tích tụ đồng bằng delta

- Lòng sông có thể uốn khúc hoặc có dạng được nối nhau, các hàm ý trong đó sẽ được thảo luận sau. Các lòng sông nối nhau được đặc trưng bởi sự cuốn trôi đất đai thường xuyên.
- Điều này xảy ra trong các trận lũ cực đoan, nhưng sự bỏ rơi cũng có thể là kết quả của sự giảm dần dần về năng lực do lòng sông kéo dài và gradient của nó giảm đi.

2.4.1. Tích tụ đồng bằng delta

- Sự cuốn trôi đất đai của sông được lặp lại là rất quan trọng trong việc xây dựng delta. Một nguyên nhân cuốn trôi đất đai khác là các hoạt động công trình hoặc biến đổi. Cuốn trôi đất đai cũng có thể do các sự kiện kiến tạo gây ra. Cuốn trôi đất đai đột ngột có thể có hậu quả đáng kể ở những nơi có các khu định cư bị ảnh hưởng bởi nguồn sông mới. Các cuốn trôi đất đai lớn có thể mất nhiều thập kỷ để hoàn thành, bởi vì cần phải có sự đào sâu đáng kể vào bãi bồi để cắt ra một lòng sông ổn định có khả năng mang lưu lượng sông trong lũ.
- Lòng sông và đê thiên nhiên của nó bị bỏ rơi để lại như những dải đất cao trên đồng bằng delta. Như trong các bãi bồi sông, các lòng sông bị bỏ rơi như vậy trở thành các vùng nước tĩnh, trong đó có sự tích lũy bùn bãi bồi giàu vật chất hữu cơ.

2.4.2. Các quá trình cửa sông trong delta

- Phần lớn các delta trên thế giới đều được đặc trưng bởi các quá trình động lực liên quan đến mối tương tác giữa nước ngọt và nước mặn, như động lực cửa sông là một phần tích hợp của các cơ chế chức năng và các quá trình vận chuyển trầm tích trong các delta này.
- Các quá trình cửa sông có thể xảy ra trong giới hạn của cửa sông hoặc trong một môi trường ngoài khơi không giới hạn, tùy thuộc vào dòng chảy sông và kích thước hạt.
- Các quá trình cửa sông cửa sông kinh điển có thể được loại trừ hoàn toàn khỏi loại hạt thô-nhỏ được gọi là loại-Gilbert hoặc nón-delta được nuôi dưỡng bởi các dòng suối ngắn chảy ra từ vùng núi dốc trong nội địa, một khả năng ở các nơi của phía tây Địa Trung Hải và trên bờ biển Thái Bình Dương dốc của Nam Mỹ.

2.4.2. Các quá trình cửa sông trong delta

- Phổ biến hơn, nước biển thâm nhập tới lòng sông, hoặc trộn lẫn ở mức độ khác nhau với lưu lượng nước ngọt của sông, hoặc như một nêm muối kinh điển bên dưới lưu lượng nước sông nằm trên.
- Nước và tải lượng đáy thường di chuyển ra phía biển ở phần sông chiếm ưu thế của đới chuyển tiếp sông-biển, trong khi ở phần thủy triều chiếm ưu thế, thì chuyển động cuối cùng được tích hợp qua chu kỳ thủy triều (bao gồm cả triều lên đầy và xuống kiệt và dòng chảy sông) có thể ra phía biển hoặc vào phía đất liền, tùy thuộc vào lưu lượng sông và vào giai đoạn thủy triều lên-xuống.
- Do đó, dòng chảy ở các đoạn cửa sông của delta thường được đặc trưng bởi đường vận chuyển triều lên và triều xuống chiếm ưu thế “lảng tránh” lẫn nhau xung quanh các bãi triều kéo dài trong các lòng sông của delta và các lạch triều lớn.

2.4.2. Các quá trình cửa sông trong delta

- Tại giao diện giữa nước ngọt chảy xuống và nêm mặn chảy lên, hoạt động của dòng triều và dòng mật độ trong các lòng sông của delta có thể tạo ra sự lắng đọng và tái lơ lửng vật liệu mịn xen kẽ về cực đại độ đục của cửa sông (Estuary Turbidity Maximum-ETM), một đới biểu thị nồng độ trầm tích lơ lửng (Suspended Sediment Concentration-SSC) thường rất cao.
- Sự thâm nhập nêm-mặn, một cơ chế cơ bản trong việc lấp đầy cửa sông, có thể dẫn đến việc tái đưa vào các lòng sông delta trầm tích đã được lắng đọng do sông ở đới gần bờ hoặc ngoài khơi.

2.4.2. Các quá trình cửa sông trong delta

- Các quá trình lắng đọng trầm tích dẫn đến sự lắng đọng bùn, đặc biệt là ở các delta thủy triều chiếm ưu thế có cửa-mở, không đơn giản bao gồm sự tích lũy trạng thái-ổn định chậm chạp và đơn điệu.
- Trầm tích đang tích tụ trong cột nước trong ETM thường bắt nguồn từ hoàn lưu trọng lực và bơm các trầm tích đáy do thủy triều, bởi vì ETM là một ao trầm tích di động được duy trì bởi quá trình hội tụ nước ngọt và nước mặn. SSC trong ETM có thể cao đến mức tạo ra bùn lỏng, đặc biệt là sau tái lơ lửng mạnh do dòng triều cường và sóng biển.
- Các thân bùn-lỏng bên dưới cực địa độ đục có thể tạo ra các lớp bùn rất dày trong delta, ở những nơi có thủy triều mạnh mẽ, như sông Fly và sông Amazon.

2.4.2. Các quá trình cửa sông trong delta

- Trầm tích thường trải qua trao đổi với cột nước bên trên, và các quá trình này được tiến tiếp tục theo chiều thẳng đứng và về phía đất liền hoặc ra phía biển, như một hàm của chu kỳ thủy triều và các biến đổi theo mùa hoặc ngắn hạn về lưu lượng sông và mực nước biển.
- Những thay đổi về lưu lượng sông, đặc biệt là ở các môi trường theo mùa, vùng nhiệt đới, và những biến thiên triều cường-kiệt thường dẫn đến sự thay đổi lớn về nồng độ của trầm tích lơ lửng bởi ảnh hưởng đến các quá trình tái lơ lửng, nhưng xuất khẩu trầm tích đáng kể cũng có thể là kết quả trong các thời kỳ dòng nước ngọt chảy ra mạnh.
- Do đó, bùn sông có thể được phát tán tới các bờ biển lân cận do dòng chảy ven bờ được tạo ra do sóng, thủy triều và ứng suất gió.

2.4.3. Các lớp cửa sông (river-mouth plumes)

- Trầm tích sông không tích tụ trên bãi bồi của delta, sẽ được đưa ra đến bờ biển. Tải lượng hạt mịn có thể được tích tụ ở ngoài khơi trên bộ phận delta dưới nước hoặc được vận chuyển dọc bờ.
- Trong các hệ thống sông lớn như Amazon, động lượng của dòng chảy nước ngọt thậm chí có thể ngăn cản xâm nhập mặn, và cột nước ngọt trực tiếp di chuyển ra ngoài biển tới vài cây số, tạo ra các tác động vật lý và sinh địa hóa ở vùng nước ven bờ và sâu hơn vào vùng có luồng nước đục dễ nhận ra của trầm tích được sinh ra do sông (Bianchi và Allison, 2009).
- Bianchi và Allison (2009) đã gọi các cửa sông trước-delta của các sông lớn (Large-river Delta-front Estuary-LDE) này, và đã cân nhắc rằng, chúng có tác động toàn cầu tác động đến sinh-địa-hóa biển bởi hành động như là cả “các tác nhân” lẫn “người ghi chép” về sự thay đổi môi trường tự nhiên và nhân sinh.

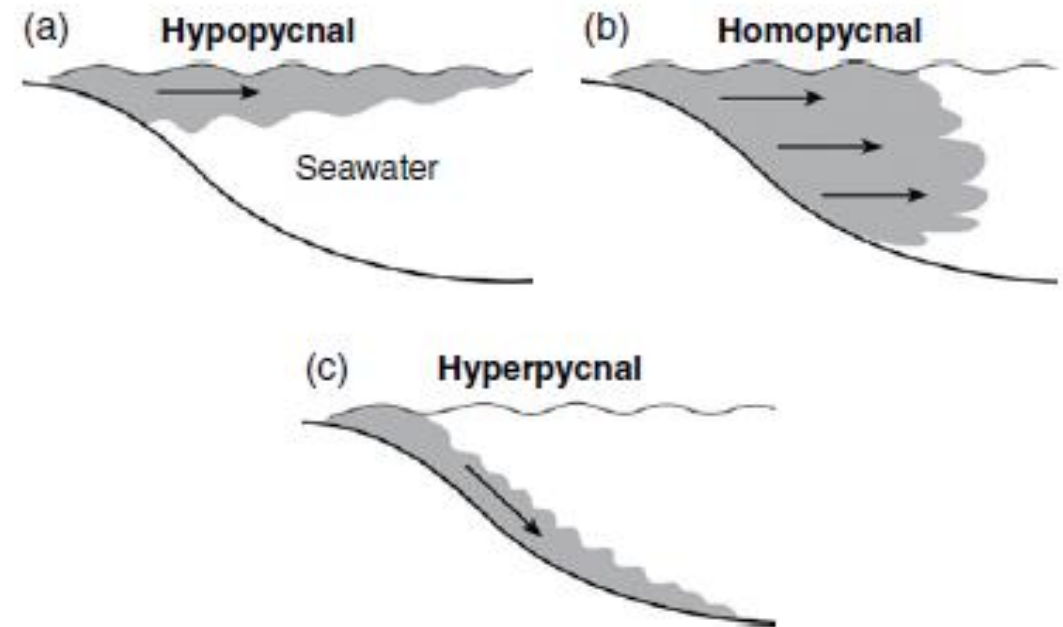
2.4.3. Các lớp cửa sông (river-mouth plumes)

- Tại những nơi dòng chảy sông gặp biển, đó là trường hợp ở hầu hết các delta, thì những khác biệt rõ rệt về mật độ do tương phản về độ mặn giữa nước ngọt và nước mặn, và/hoặc do biến đổi nồng độ trầm tích trong cột nước, đều quyết định một số quá trình là nền tảng cho sự lắng đọng trầm tích delta biển hạt-mịn.
- Những khác biệt về tỷ trọng giữa vực nước lần đầu tiên được nhận ra và được sử dụng làm cơ sở để phân loại delta theo quá trình bởi Bates (1953), người đã phân biệt giữa các dòng chảy hypopycnal, homopycnal và hyperpycnal.
- Hypopycnal bao gồm các dòng chảy trong đó nước sông đi vào và tải lượng trầm tích của nó ít đậm đặc hơn nước biển.

2.4.3. Các lớp cửa sông (river-mouth plumes)

- Các kiểu dòng chảy của nước sông nặng trĩu phù sa trong bồn biển tiếp nhận:
- (a) dòng hypopycnal được đặc trưng bởi những các lớp trôi nổi trên mặt nước biển đậm đặc hơn;
- (b) dòng homopycnal được đặc trưng bởi các lớp sông có mật độ giống như nước biển;
- (c) dòng hyperpycnal được đặc trưng bởi các lớp trầm tích có mật độ cao lớn hơn mật độ nước biển, dẫn đến chúng bị chìm xuống đáy biển.

(Nguồn: Theo Bates 1953).



2.4.3. Các lớp cửa sông (river-mouth plumes)

- Dòng chảy sông thường tạo thành một lớp trôi nổi mỏng tương phản về màu sắc với nước biển bên cạnh.
- Lớp này đang dần dần bị vỡ bởi sóng bề mặt dọc theo rìa phía biển của nó và bởi sóng nội trong sự tiếp giáp nước ngọt-mặn, cho phép trầm tích được lắng xuống đáy biển hoặc bị phân tán.
- Dòng chảy homopycnal xảy ra khi không có mật độ tương phản giữa nước sông chảy vào và bồn nhận nước. Đây thường là trường hợp sông chảy vào hồ, cả hai vực nước đều là nước ngọt.
- Ở những nơi dòng chảy sông được biểu hiện đậm đặc hơn so với nước của bồn thu nhận bởi tải lượng trầm tích lơ lửng cao, thì dòng hyperpycnal có kết quả với sự chìm xuống nhanh chóng của lớp các chất lắng đọng.

2.4.3. Các lớp cửa sông (river-mouth plumes)

- Các lớp hyperpycnal thường xảy ra ở những nơi lưu lượng sông cực kỳ đục. Ví dụ sông Amazon và sông Hoàng Hà.
- Những dòng chảy này cũng xảy ra theo giai đoạn trên các tiền delta khác trong các mùa nước lũ có lưu lượng độ đục đặc biệt cao, delta sông Var nhỏ, ở Pháp.
- Dòng chảy hyperpycnal cũng có thể xảy ra trên nhiều con sông sau một thời kỳ lưu lượng sông rất thấp dưới ảnh hưởng của hoạt động nê-m-mặn đáng kể: Sông Mississippi (Woodroffe và Saito, 2011).
- Trong một thời kỳ dòng chảy đặc biệt thấp, nê-m-mặn được mở rộng trên sông Mississippi gần đến điểm lấy nước cho thành phố New Orleans.
- Sự gia tăng tiếp theo về lưu lượng sông, ETM được hình thành tại đầu nê-m-mặn này vào sườn-delta, do dòng hyperpycnal đậm đặc. Trên thêm lục địa Amazon, những lớp mật độ cao này (lên đến 10 g/l) bắt nguồn cho ETM dựa trên thêm lục địa được hình thành phía ngoài cửa sông

2.4.3. Các lớp cửa sông (river-mouth plumes)

- Wright (1985) đã đưa ra một mô tả chi tiết hơn về các quá trình và hình thái cửa sông là một hàm của bản chất dòng chảy, dạng hình học của cửa sông, độ sâu tương đối của sông và bồn nước mà tải lượng trầm tích, kích thước hạt và tỷ trọng đổ vào đó.
- Tại các bồn biển có sông đổ vào nông, hoặc ở những nơi có cồn ngầm nổi xuất hiện ở cửa sông, thì dòng chảy sông có thể bị chậm lại do ma sát với đáy biển, dẫn đến phân chia hai nhánh, như trong trường hợp sông Mississippi.
- Cấu trúc thủy văn và động lực của các lớp phát ra từ hai cửa của delta sông Mississippi – là cửa chính Mississippi và cửa Atchafalaya, là khác nhau, bởi vì sự khác biệt về độ sâu của mép thềm lục địa.
- Lưu lượng của cửa trước vào nước sâu gần mép thềm lục địa cạnh, trong khi lưu lượng của cửa sau vào vùng nước nông trên một thềm lục địa rộng 150 km.

2.4.3. Các lớp cửa sông (river-mouth plumes)

- Dòng chảy ra của sông thường bị xáo trộn, do bồn thu nhận tương đối nông và ảnh hưởng xáo trộn chung của các dòng sinh ra do thủy triều hoặc do gió mạnh và sóng.
- Các lớp xáo trộn tốt do cường bức của gió mạnh trong sự hiện diện của thủy triều yếu xảy ra phía ngoài mặt bãi/bờ (shoreface) Mississippi.
- Các dòng chảy sinh ra do thủy triều và gió, cùng với sự nhiễu loạn đã tạo ra những biến đổi về năng lượng sóng và lưu lượng sông cao, dẫn đến sự tái lơ lửng trầm tích mạnh, trong khi không có sự phân tầng lại cho phép độ đục trầm tích bị xáo trộn ở cả cột nước.
- Prodelta thường là bùn, bởi vì môi trường bùn ngoài khơi, hoặc từ các tầng hypopycnal ban đầu hoặc từ các tầng hyperpycnal, đôi khi, được gắn liền với ETM ngoài khơi, như phía ngoài Amazon.
- Tuy nhiên, nồng độ trầm tích trong các tầng của sông có thể lắng xuống rất nhanh ở gần cửa delta ở những con sông có lưu lượng cao, như sông Po và sông Hồng (ở Hoa Kỳ), do đó, đôi khi lấy đi phần prodelta của bùn.

2.4.3. Các lớp cửa sông (river-mouth plumes)

- Quan trọng đối với các khía cạnh lắng đọng trầm tích này là các quá trình chuyển tiếp từ cửa sông sang đường bờ biển. Mặc dù sự chuyển tiếp này rất quan trọng trong lắng đọng trầm tích của delta, nhưng vẫn còn nhiều điều để hiểu về hình thái động lực liên quan.
- Hành vi của các con sông gần cửa của nó, về cơ bản, là khác với phần thượng nguồn. Vùng gần cửa được gọi là “chỗ nước đọng” (backwater), và nó có thể mở rộng đối với các sông lớn, có độ nghiêng thấp, do đó, tạo ra dòng chảy không đồng nhất làm giảm tốc độ về phía cửa sông.
- Đới nước đọng của sông Mississippi trong lúc dòng chảy thấp được mở rộng, ví dụ, 500 km về phía thượng nguồn của cửa sông. Đới nước đọng này là động, và sự mở rộng về phía thượng nguồn của nó là nhạy cảm với cả lưu lượng sông và độ cao mặt nước tại cửa sông.

2.4.3. Các lớp cửa sông (river-mouth plumes)

- Về phần mình, độ cao mặt nước tại cửa sông có thể bị ảnh hưởng bởi sự biến đổi thủy triều, nước dâng trong bão, mực nước biển và động lực của dòng sông.
- Các trận lũ lớn đẩy ranh giới phía thượng lưu của chỗ nước đọng về phía đường bờ biển, và điều này ảnh hưởng đến các kiểu hội tụ trầm tích, có thể kiểm soát xói lở và bồi tụ (Lamb và cs., 2012).
- Mô hình hóa của Lamb và cs. (2012) cho thấy rằng, trong các pha lưu lượng cao như vậy, độ sâu dòng chảy bình thường có thể trở nên lớn hơn độ sâu nước tại cửa sông, và điều này dẫn đến sự sụt giảm bề mặt nước, tăng cường dòng chảy theo không gian và xâm thực đáy sông, độ cao của mặt nước tại cửa sông tương đối không nhạy cảm với lưu lượng, do tán ngang của nước sông.

2.4.4. Lưu giữ và phân tán bùn biển ngoài cửa sông

Walsh và Nittrouer (2009) đã cố gắng phân loại các cửa sông lớn theo cách bùn sông được lưu giữ hoặc được phân phối lại

(a) Estuarine accumulation dominated (PAD)



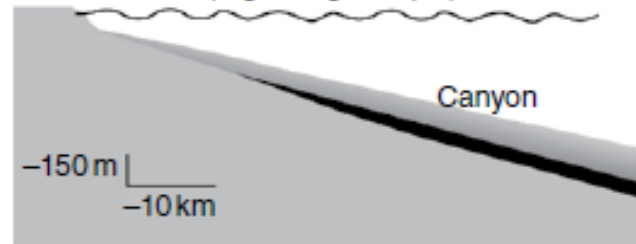
The **EAD** type represents classical estuarine (drowned river valley) sedimentation.

(b) Proximal accumulation dominated (PAD)
(e.g. Mississippi, Po)



The **PAD** type occurs where mud is stored offshore in the vicinity of the river-mouth due to poor dispersive processes, and is best represented by the Mississippi and the Po.

(c) Canyon captured (CC)
(e.g. Congo, Sepik)



The **CC** type occurs where the fluvial mud supply is channelized down deepwater canyons, and is represented by the Congo and Sepik rivers.

(d) Marine dispersal dominated (MDD)
(e.g. Eel, Columbia)



The **MDD** type corresponds to river-mouths associated with fluvial mud redistribution alongshore by waves, wind forcing and tidal currents. Examples include the Amazon, Eel, Columbia, Mahakam and Mekong deltas.

2.4.4. Lưu giữ và phân tán bùn biển ngoài cửa sông

- Một hệ thống phân tán đáng chú ý nhất là của sông Amazon.
- Khoảng 15–20% bùn được cung cấp bởi con sông này được tập trung do các quá trình khác nhau thành một chuỗi của các bãi cạn ven bờ, dịch chuyển về phía cửa sông Oricono dưới ảnh hưởng sóng (Anthony và cs., 2010).
- Phần còn lại góp phần vào sự tăng trưởng của cấu trúc dạng nêm (clinoform), là một sự tích tụ quan trọng được tìm thấy trên thềm lục địa về phía biển của cửa một số sông lớn và được đặc trưng bởi các đáy phía trước với tốc độ tích tụ trầm tích cao, thường vượt quá vài cm mỗi năm.
- Các ví dụ khác về loại hệ thống này bao gồm các sông Fly, Dương Tử, Hằng-Brámaputra và Pô.
- Dòng chảy hyperpycnal có thể đóng vai trò như người nuôi dưỡng trầm tích của dòng chảy trọng lực ngoài khơi bởi hoạt động của sóng, đặc biệt là trong lúc cổ bão.

2.4.5. Tích tụ tải lượng đáy ở các cửa sông delta

- Cung cấp tải lượng đáy cho bờ biển là quan trọng đặc biệt trong lúc có các sự kiện lũ-sông lớn.
- sự chiếm ưu thế do sông mạnh của động lực lòng sông delta, các quá trình cửa sông liên quan trong đến sự hình thành các tuyến vận chuyển tải lượng đáy lẫn nhau bên trong lòng sông delta chính có thể được thực hiện, và tải lượng đáy được vận chuyển trực tiếp tới cửa của các lòng sông này.
- Edmonds và Slingerland (2007) tìm thấy từ nghiên cứu mô hình là, khoảng cách giữa cửa sông và cồn ngầm cửa-sông tỷ lệ thuận với dòng động lượng của sông sông và tỷ lệ nghịch với kích thước hạt trầm tích.

2.4.5. Tích tụ tải lượng đáy ở các cửa sông delta

- Dòng năng lượng càng lớn và kích thước hạt càng lớn, thì khoảng cách này càng lớn.
- Các cồn ngầm cửa-sông thường là các tích tụ cát nước nông, chịu tác động của sóng, điều này ngăn cản sự lắng đọng bùn hoặc tái lơ lửng bùn đã được tích tụ trong các pha năng lượng thấp hơn trước đó.
- Các cồn ngầm thiếu bùn cũng xảy ra do sự lắng đọng bùn nhanh trong phạm vi giữa cửa sông và cồn ngầm, đặc biệt khi các kết tụ (flocs) lớn, chìm xuống nhanh chóng là một phần quan trọng của tải lượng lơ lửng.

2.4.5. Tích tụ tải lượng đáy ở các cửa sông delta

- Các cồn ngầm cửa sông rất quan trọng trong phát triển delta như được chỉ ra trong phần tiếp theo.
- Chúng thường phải chịu hai phương thức phát triển:
 - (1) chúng được xây dựng bởi hoạt động của sóng để hình thành cồn cát chắn, cung cấp nơi ẩn náu cho sự lắng đọng hạt mịn nhanh chóng ở đồng bằng phía sau cồn chắn và đầm phá;
 - (2) chúng hoạt động như nguồn và tuyến vận chuyển dọc bờ cho cát, góp phần vào sự phát triển của bãi biển và cồn chắn liền kề.

2.4.5. Tích tụ tải lượng đáy ở các cửa sông delta

- Trên một số bờ biển mở, đặc biệt là những nơi có sóng lừng liên tục xảy ra, và ở những nơi không có mũi đá gốc, cát được cung cấp với số lượng lớn do sông, đặc biệt là các con sông chảy trên lưu vực có đá granit và đá cát kết, có thể được vận chuyển dọc bờ tới hàng trăm km khỏi các cửa sông delta, hình thành các tích tụ lớn của những val bãi/bờ kế tiếp, như trên nhiều bộ phận của bờ biển Tây Phi (Anthony và Blivi, 1999) và bờ biển Thái Bình Dương của Mexico.

Ôn tập chương II

1. Về quá trình thành tạo châu thổ (Delta).
2. Các điều kiện cơ bản để hình thành được một châu thổ.
3. Hãy nêu các châu thổ điển hình trên thế giới và các đặc điểm tự nhiên.
4. Hình thái động lực của châu thổ.
5. Các phương pháp nghiên cứu châu thổ.
6. Khả năng lắng đọng trầm tích của châu thổ

A word cloud on a dark blue background. The central text is 'Q&A' in large, white, bold letters. Surrounding it are various question words in different colors (blue, green, yellow, orange, white) and sizes. The words include: 'What?', 'Where?', 'When?', 'How?', 'Who?', 'Why?', 'What?', 'Where?', 'When?', 'How?', 'Who?', 'Why?', 'What?', 'Where?', 'When?', 'How?', 'Who?', 'Why?'. The words are arranged in a circular pattern around the center, with some words appearing multiple times.