



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



TƯƠNG TÁC SÔNG - BIỂN

PGS.TS. BÙI HỒNG LONG
Viện Hải dương học



CHƯƠNG 3

ĐỘNG HỌC VÙNG CỬA SÔNG

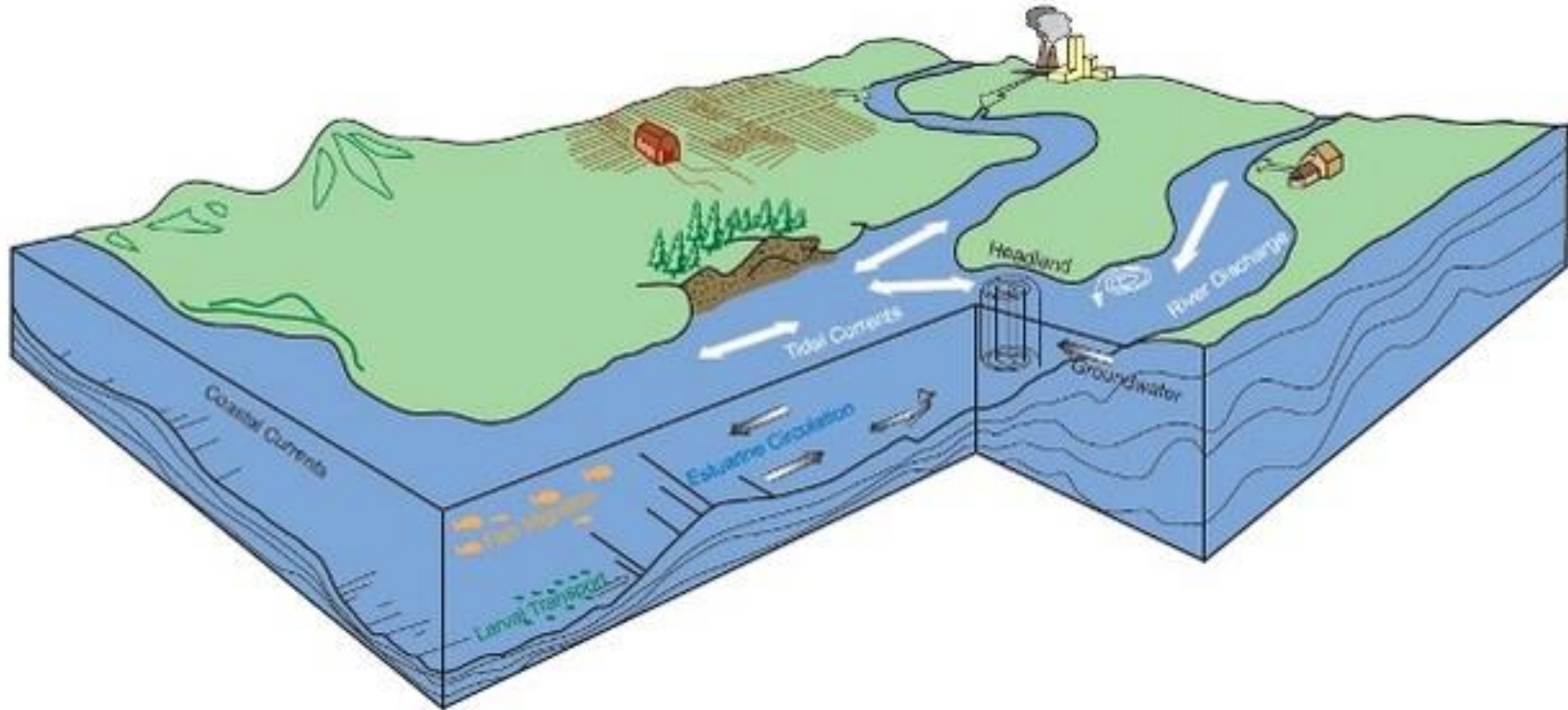
3.1. DÒNG CHẢY TRONG KHU VỰC CỬA SÔNG

3.2. DÒNG CHẢY TRONG SÔNG VÀ KHỐI NƯỚC SÔNG TRÊN THỀM LỤC ĐỊA

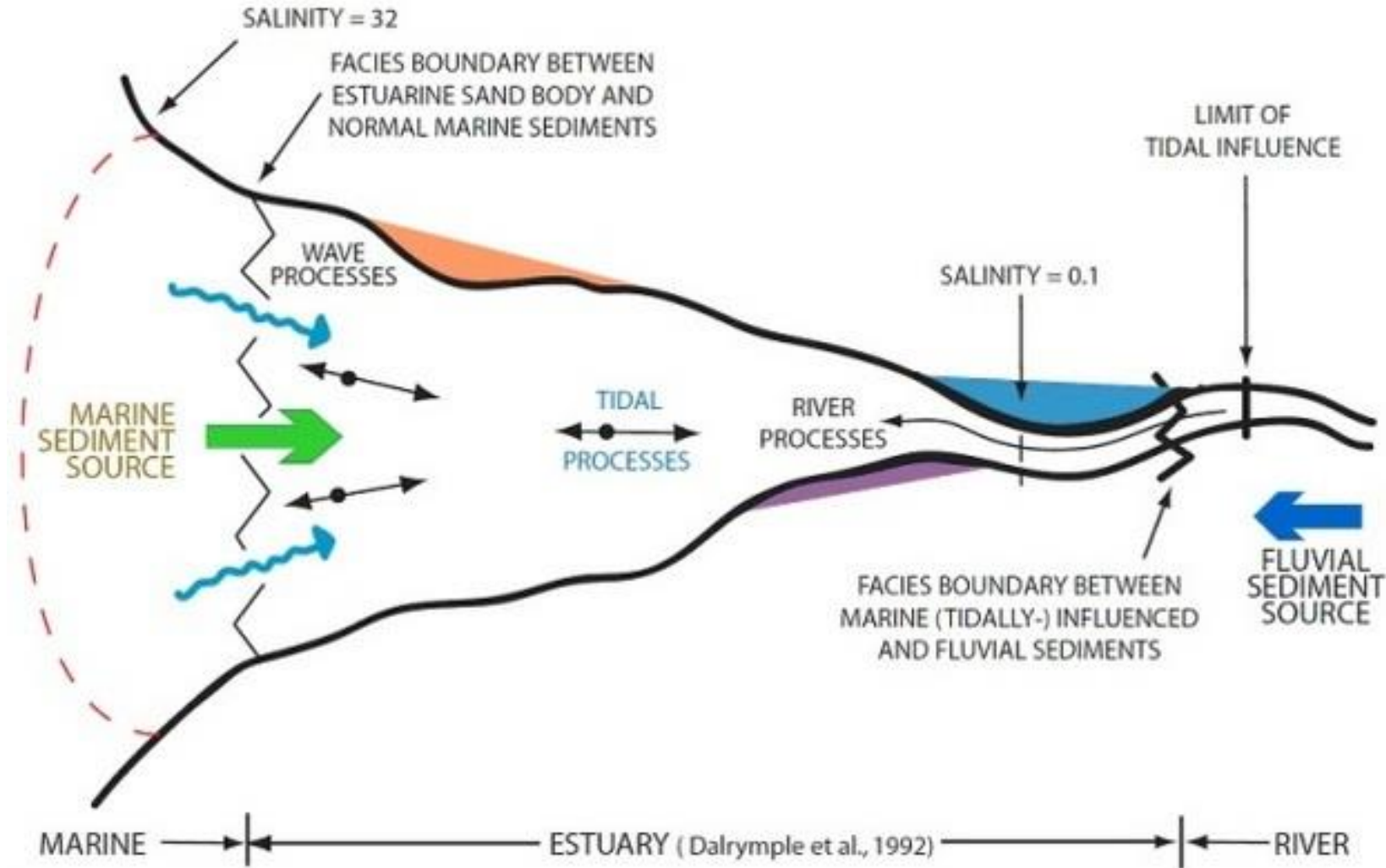
3.3. CÁC DẠNG CỬA SÔNG (CƠ SỞ ĐỘNG LỰC TƯƠNG TÁC CỦA HỆ THỐNG HOÀN LƯU CỬA SÔNG)



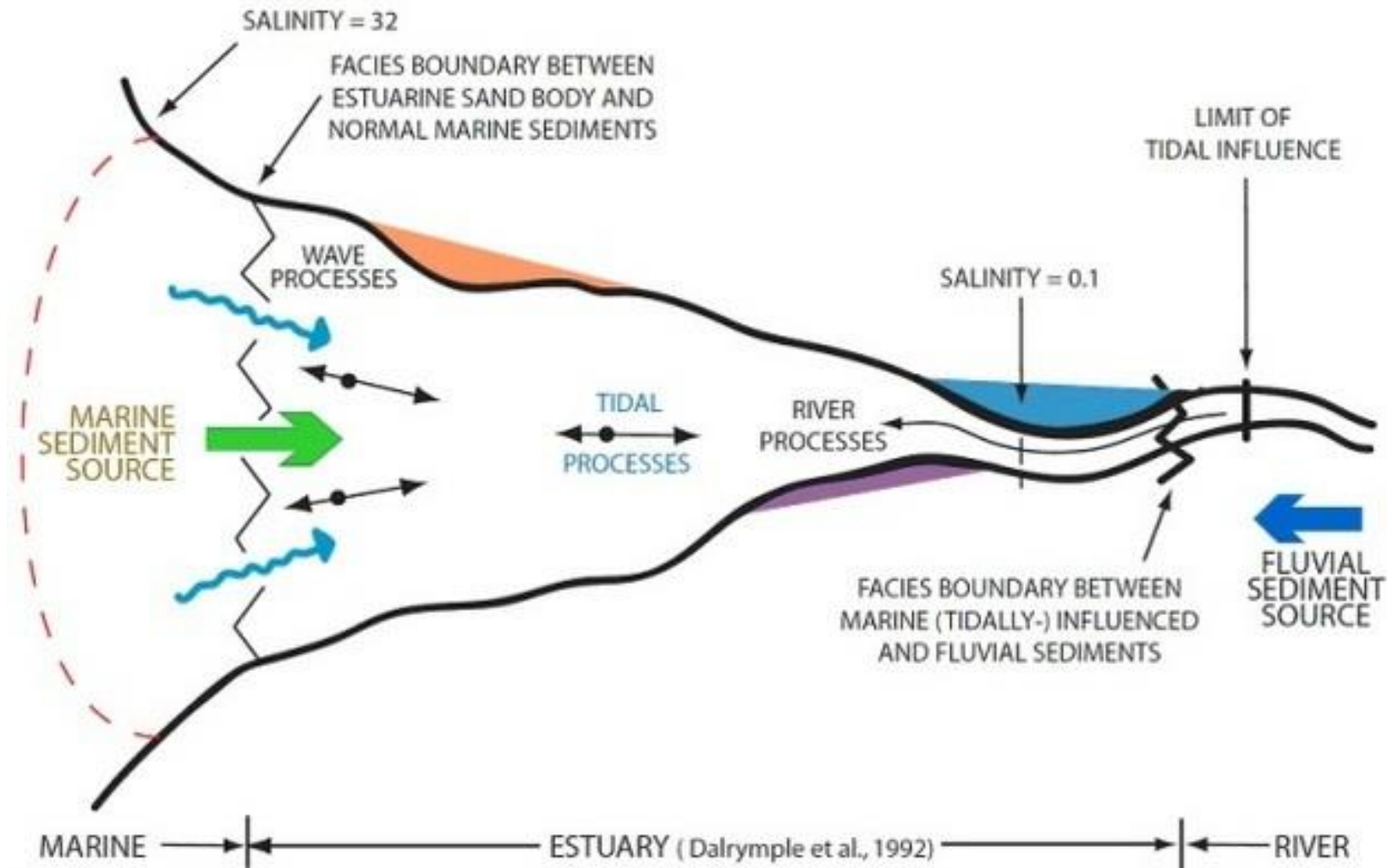
Tương tác sông biển



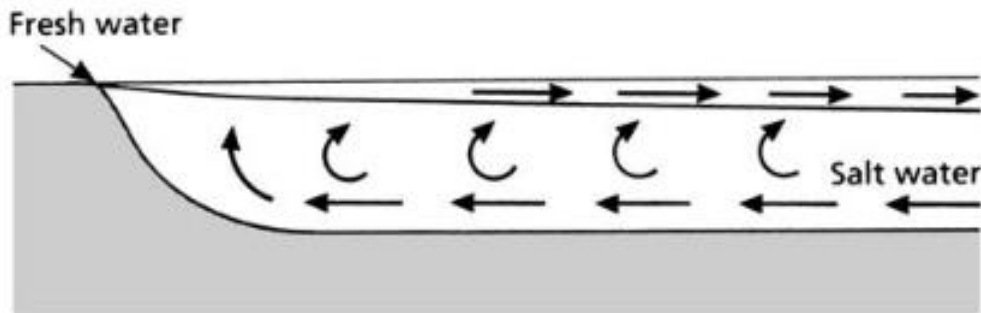
Tương tác sông biển



3.1. DÒNG CHẢY TRONG KHU VỰC CỬA SÔNG



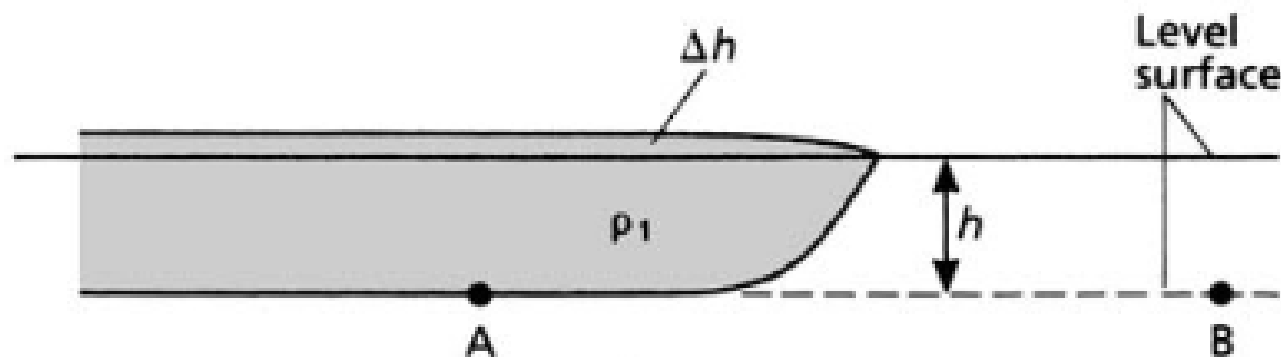
Khái niệm



- Cửa sông là một vịnh, một phần của vịnh, hoặc một cửa vào hẹp, trong đó nước ngọt từ đất liền đã làm giảm độ mặn của nước biển.
- Nguồn nước ngọt làm cho một mô hình tuần hoàn nước đặc trưng được thiết lập ở cửa sông, nơi trong đó ngọt hơn, và do đó nhẹ hơn, nước chảy ra khỏi cửa sông trong lớp bề mặt, và ở lớp nước sâu hơn đưa nước từ biển khơi vào cửa sông.
- "Hoàn lưu cửa sông" này được quan trắc là mô hình hoàn lưu chủ đạo ở các cửa sông, nơi nước chảy vừa phải và nơi trộn lẫn bởi dòng chảy thủy triều yếu.

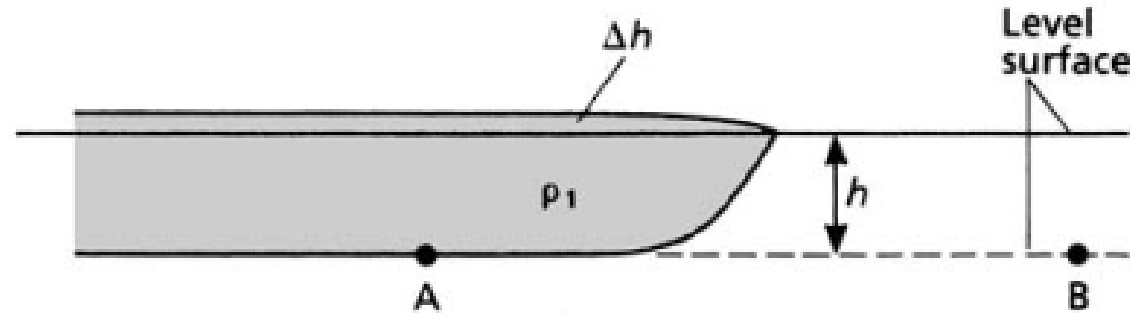
Hoàn lưu

- Lực chính thúc đẩy lưu thông trong cửa sông là một gradient áp suất ngang được tạo ra bởi sự chênh lệch mật độ giữa khối nước ngọt mới được thêm vào và thể tích nước mặn tại chỗ.
- Lực ở trên tầng mặt và hướng xuống cửa sông, nơi cách xa nguồn nước ngọt. Kết quả dòng chảy, phụ thuộc vào sức nổi của nước ngọt, thường được gọi là dòng do lực nổi.



- Nguồn gốc của gradient áp suất: một lớp nước ngọt có tỷ trọng ρ_1 nằm lên trên khối nước có tỷ trọng cao hơn, ρ_2 . giả định rằng không có gradient áp suất ngang ở dưới cùng của lớp mật độ thấp hoặc ở bất kỳ mức sâu hơn nào. Như vậy, áp suất tại A ở tầng dưới cùng của lớp trên là như nhau

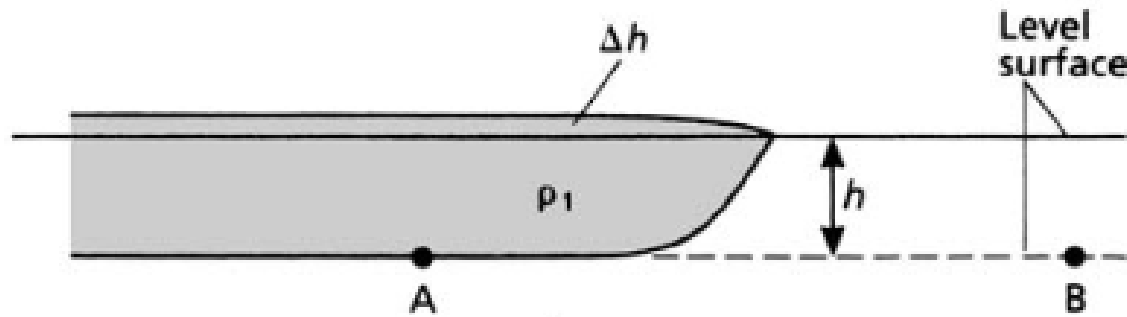
Nguồn gốc của gradient áp suất



- Vì áp suất tại B, cùng mức với A nhưng B nằm ngoài lớp nước ngọt.
- Nếu áp suất tại A, B là như nhau thì trọng lượng của nước ở trên hai điểm phải bằng nhau và cột của nước nhẹ hơn ở trên A phải cao hơn cột nước ở trên điểm B.
- Sự khác biệt về chiều cao của mặt nước ở hai vùng, là Δh , có thể được tính bằng cách cân bằng áp suất tại A với áp suất tại B.
- Áp suất được tính bằng cách nhân khối lượng riêng của nước với độ cao với gia tốc trọng trường - tức là, $P = \rho gh$.
- Trên A, khối lượng riêng là ρ_1 và chiều cao là $h + \Delta h$, áp suất: $\rho_1 g (h + \Delta h)$, và
- Trên B khối lượng riêng là ρ_2 nhưng độ cao chỉ là h , áp suất: $\rho_2 gh$.

Nguồn gốc của gradient áp suất

- Sau khi cân bằng các biểu thức này sẽ dẫn đến công thức
- $\Delta h = h(\rho_1 - \rho_2)/\rho_1$
- Ví dụ,
 - lớp nước ngọt có khối lượng riêng $\rho_1 = 1000 \text{ kg m}^{-3}$ có độ dày $h = 2 \text{ m}$
 - lớp sâu hơn có khối lượng riêng $\rho_2 = 1025 \text{ kg m}^{-3}$.



- Từ đó, xác định nước ở trên điểm A, cao hơn điểm B khoảng 5 cm.

Nguồn gốc của gradient áp suất

- Vì áp suất tại A và B như nhau nên không có lực nào có thể di chuyển mặt nước theo phương ngang giữa hai điểm.
- Tại tất cả các điểm nằm phía trên A, áp suất lớn hơn tại mức tương ứng ở trên B.
- Áp suất cao hơn này đẩy nước ở lớp trên nhẹ hơn sang phải trên hình mặt nằm lớp nước nặng hơn.
- Khi lớp nước nhẹ hơn nằm trên lớp nặng hơn hướng ra biển khơi, quá trình rối trong nước khiến hai lớp trộn lẫn với nhau, điều này làm giảm sự khác biệt hiện có giữa hai lớp.
- Lớp trên trở nên dày hơn, tăng mật độ và chậm lại.

SỰ CÂN BẰNG CỦA CÁC LỰC TRONG CỬA SÔNG

- Động lực của dòng chảy là sự chênh lệch áp suất do nước ngọt ở tầng mặt tạo ra ở cửa sông.
- Lực này (trên một đơn vị khối lượng) được biểu thị bằng toán học là $\frac{1}{\rho} \frac{dP}{dx}$
- Lực cân bằng được tạo ra bởi sự trộn lẫn giữa lớp trên và lớp dưới. Khi nước phía trên chuyển động nhanh được trao đổi với nước phía dưới chuyển động chậm, một lực được tạo ra làm chậm lớp trên và tăng tốc độ cho lớp dưới.

SỰ CÂN BẰNG CỦA CÁC LỰC TRONG CỬA SÔNG

- Biểu thức toán học cho lực bắt đầu bằng phương trình $K_e \frac{d\bar{u}}{dz}$
- đó là phương trình thông lượng khuếch tán theo phương thẳng đứng của động lượng và
- K_e là độ khuếch tán xoáy và
- dU / dz là gradient thẳng đứng của vận tốc trung bình.
- Công thức tính thông lượng thẳng đứng của động lượng qua một lớp nằm ngang có độ dày dz .

SỰ CÂN BẰNG CỦA CÁC LỰC TRONG CỦA SÔNG

- Nếu như cùng một lượng động lượng đang rời khỏi lớp như khi đi vào lớp đó, thì không có lực nào được tác động lên lớp.
- Lực phát sinh khi lớp được tăng hoặc mất động lượng, lực này xảy ra khi thông lượng thẳng đứng không đổi theo chiều sâu.
- Tình huống này xảy ra khi độ khuếch tán xoáy hoặc gradient vận tốc thay đổi theo độ sâu.
- Thông thường K_e được coi là không đổi và sự hội tụ hoặc phân kỳ của động lượng được cho là do sự biến đổi của lực ứng suất theo phương thẳng đứng.
- Vì lực ứng suất là do gradient vận tốc tạo thành, nên gradient của ứng suất là gradient của gradient vận tốc, thường được gọi là đạo hàm cấp hai của vận tốc.
- Do đó nếu K_e không đổi thì lực là: $K_e \frac{d^2 \bar{u}}{dz^2}$

SỰ CÂN BẰNG CỦA CÁC LỰC TRONG CỬA SÔNG

- sự cân bằng giữa gradient áp suất theo phương hướng xuống cửa sông, và lực cản của nước bên dưới được biểu thị bằng:

$$\frac{1}{\rho} \frac{dP}{dx} = K_e \frac{d^2 \bar{u}}{dz^2}$$

- Phương trình này không bao gồm lực Coriolis vì chúng tôi giả định rằng cửa sông quá hẹp đối với lực này để nó trở nên quan trọng.
- Dòng được coi là hai chiều hoặc như nhau dọc theo bất kỳ đoạn nào được cắt theo chiều ngang của trục dọc cửa sông.
- Một vấn đề với phương trình là không thể đi đến một cửa sông và đo trực tiếp độ lớn của gradient áp suất của lực cản.
- Người ta cũng biết rằng sự khuếch tán xoáy không phải là một hằng số mà là một hàm của thời gian và của vị trí.

SỰ CÂN BẰNG CỦA CÁC LỰC TRONG CỬA SÔNG

- phương trình rất hữu ích vì nó có thể được sử dụng cùng với các phương trình bắt buộc khác để xây dựng mô hình toán học của cửa sông (Rattray và Hansen 1962, Dyer 1973, Nunes Vas 1994).
- Sau đó, phân bố dòng và các phân bố đặc tính mà mô hình dự đoán có thể được so sánh với các phân bố quan sát được.
- Bằng cách điều chỉnh mô hình để tạo ra các phân phối tương tự như những gì được quan sát, có thể xác định được đâu là yếu tố quan trọng nhất kiểm soát hoàn lưu.

Đặc điểm của hoàn lưu cửa sông

- nước mặn chảy sâu vào cửa sông
- hậu quả trực tiếp của sự trao đổi rối giữa lớp tươi phía trên và lớp trung gian ngay bên dưới.
- Khi nước ở lớp trên chảy ra khỏi cửa sông, nó trở nên chậm hơn và nặng hơn do xung lượng khuếch tán theo phương thẳng đứng.
- Đồng thời, sự khuếch tán làm cho phần nước ngọt phía trên được trao đổi với phần nước mặn sâu hơn và lớp bề mặt trở nên dày hơn khi nó tiến ra khỏi cửa sông.
- Sau đó, muối được vận chuyển ra khỏi cửa sông bằng lớp bên ngoài ở lớp trên.
- Theo thời gian, chuyển động này sẽ có xu thế làm cho nước ở cửa sông trở nên hoàn toàn ngọt, điều này không xảy ra vì nước dưới phát triển và mang muối vào cửa sông.

Các nguồn của chuyển động rối: số Richardson

- Các chuyển động rối trộn lẫn lớp nước ngọt phía trên của cửa sông với lớp mặn bên dưới có thể được tạo ra bởi một số quá trình khác nhau.
- Sóng vỡ ở bề mặt và dòng do ghồ ghề ở đáy và hai bên cửa sông có thể tạo ra lượng rối đáng kể, nhưng lớn nhất là do rối tạo ra bởi sự phá vỡ của sóng trên mặt phân cách giữa hai lớp.
- Các sóng nội bên trong được tạo ra trên mặt phân cách mật độ bởi sóng gió ở bề mặt, sự thay đổi áp suất trong khí quyển, do sự bất thường trong độ sâu dưới đáy và các yếu tố khác.

Các nguồn của chuyển động rối: số Richardson

- Sự tồn tại của các sóng nội này sẽ trở nên không ổn định và bị phá vỡ thành các rối (nhiều loạn) thường được ước tính bằng số Richardson.
- Con số này là tỷ số của hai lực đối nghịch - một có xu hướng giữ mật độ tại bề mặt giao diện và một có xu hướng tăng kích thước của sóng.
- Đầu tiên được tạo ra bởi sự thay đổi mật độ trên bề mặt phân cách, điều này tạo ra một lực khôi phục sức nổi có xu hướng giới hạn biên độ của sóng.
- Năng lượng để tăng kích thước của sóng được tạo ra từ sự khác biệt về vận tốc

Các nguồn của chuyển động rối: số Richardson

- Cường độ của lực nổi (thăng) thường được biểu thị bằng bình phương của tần số Brunt-Väisälä (số N) trong khi năng lượng có sẵn trong ứng suất được biểu thị bằng bình phương của gradient vận tốc.
- Số Richardson là tỷ số của hai giá trị này:

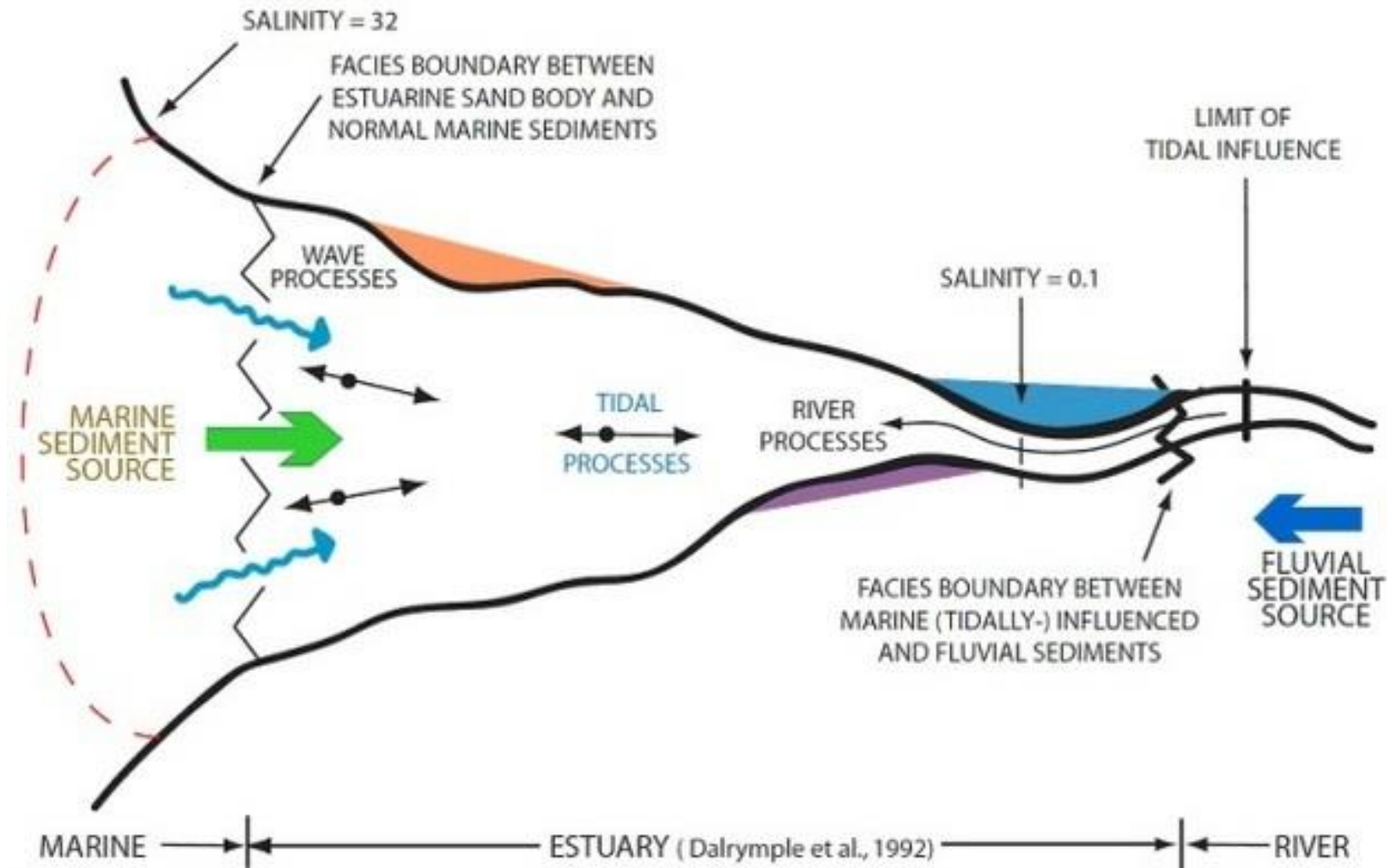
$$R_i = \frac{g}{\rho} \frac{d\rho}{dz} / \left(\frac{du}{dz} \right)^2$$

$$N = (g/\rho \, d\rho/dz)^{1/2}$$

Các nguồn của chuyển động rối: số Richardson

- Nếu số (R_i) này cao thì lực nổi liên quan đến phân tầng mật độ sẽ mạnh và sóng trên bề mặt không phát triển và vỡ ra mà có xu hướng bị giảm bớt.
- Trên thực tế, nếu tỷ lệ này lớn hơn 0,25, sóng ở tất cả các bước sóng đều ổn định (Turner 1973).
- Nếu sự chênh lệch mật độ giảm hoặc ứng suất tăng lên sao cho $R_i < 0,25$, sóng sẽ phát triển theo biên độ bằng cách lấy năng lượng từ ứng suất vận tốc và cuối cùng sóng trở nên không ổn định.
- Sự không ổn định Kelvin – Helmholtz này làm cho các sóng cuộn lại lên và tan rã thành một mảng rối.

3.2. DÒNG CHẢY TRONG SÔNG VÀ KHỐI NƯỚC SÔNG TRÊN THỀM LỤC ĐỊA

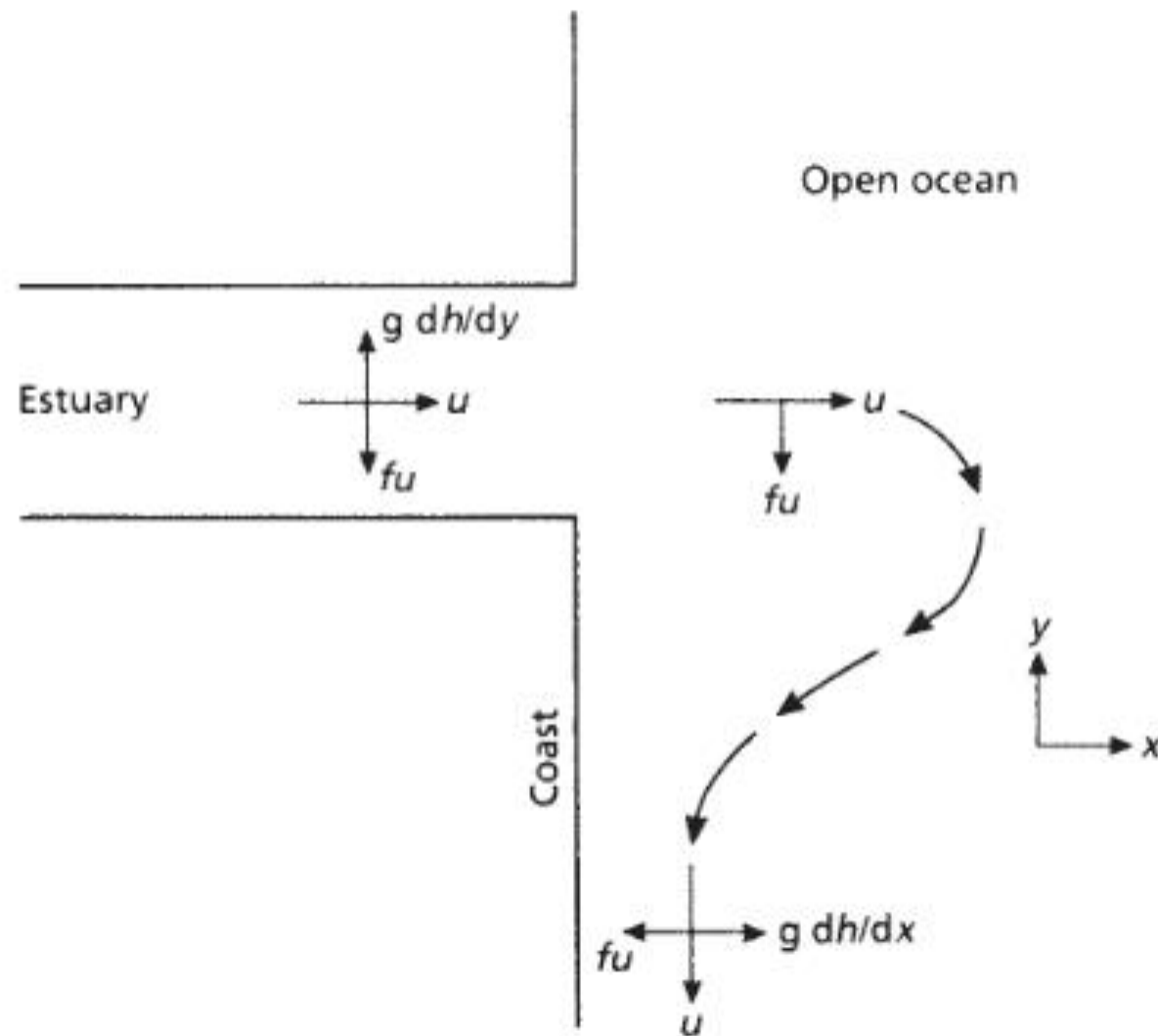


Tác động của nước từ sông/cửa sông đổ ra thêm lục địa, hoặc vào vùng biển nửa kín

- Khi sông chiếm ưu thế lớn so với bất kỳ tác động nào của thủy triều, trên bề mặt ngoài thêm lục địa chủ yếu là nước ngọt từ chính dòng sông, và được gọi là khối nước sông (Plume).
- Khi có sự thâm nhập mạnh mẽ của nước mặn vào thung lũng sông để tạo thành cửa sông, và nước này chảy ra thêm lục địa là nước sông trộn với một lượng nước mặn đáng kể. Dòng này tạo thành một khối nước ở cửa sông.
- Các ví dụ về các khối nước sông đã được nghiên cứu theo cách tổng hợp về sinh học / vật lý bao gồm Mississippi tại mỗi nơi trong số ba điểm đi qua của nó ở đồng bằng của nó, sông Amazon, sông Fraser và sông Connecticut. Các khối nước ở cửa sông phổ biến hơn nhiều, nhưng chùm ở Chesapeake, St Lawrence và sông Hudson là một trong số những loài được nghiên cứu nhiều hơn ở Bắc Mỹ.

Tác động của nước từ sông/cửa sông đổ ra thêm lục địa, hoặc vào vùng biển nửa kín

- Khi nước nhẹ ở tầng trên từ một cửa sông hoặc một con sông chảy ra biển khơi, nó sẽ tạo ra một vùng hẹp, nơi dòng chảy chủ yếu là hai chiều và đi vào một thế giới ít liên kết hơn, nơi lực Coriolis có thể thay đổi hướng của dòng.
- Nước di chuyển xuống một cửa sông ở Bắc bán cầu với vận tốc u . Bởi vì chuyển động này liên quan đến chuyển động của trái đất nên có hiệu ứng Coriolis hướng nước về bên phải của dòng chảy.
- Nước không thể thay đổi hướng do ranh giới bên của cửa sông nhưng nước di chuyển sang phải gây ra độ nghiêng nhẹ so với mặt biển và một gradient áp suất theo hướng ngược lại với lực Coriolis.



ĐỘ NGHIÊNG BỀ MẶT NGANG SÔNG

- giả sử một hệ tọa độ trong đó trục x hướng dọc theo trục dòng xuống cửa sông. Vì không có dòng song song với trục y nên $v = 0$ và sự cân bằng của các lực trong nước hoàn toàn được cho bởi phương trình.

$$fu = -\frac{1}{\rho} \frac{dP}{dy}$$

- Gradient áp suất có thể được viết theo độ dốc bề mặt biển bằng cách sử dụng phương trình liên quan đến áp suất và độ sâu của nước, tức là quan hệ thủy tĩnh

$$P = \rho gh$$

trong đó P là áp suất, ρ khối lượng riêng, g gia tốc do trọng lực (10 m s^{-2}), và h là chiều cao của cột nước

ĐỘ NGHIÊNG BỀ MẶT NGANG SÔNG

- Lấy đạo hàm bậc nhất của biểu thức ta có $dP = \rho g dh$ thì được

$$f u = -g \frac{dh}{dy}$$

- độ dốc mặt biển theo hướng y : (dh/dy) bằng fu/g .
- Trong một kênh hẹp nơi dòng chảy có thể được coi là không đổi trên toàn bộ chiều rộng, thì chênh lệch độ cao của mặt biển từ bên này sang bên kia sẽ là

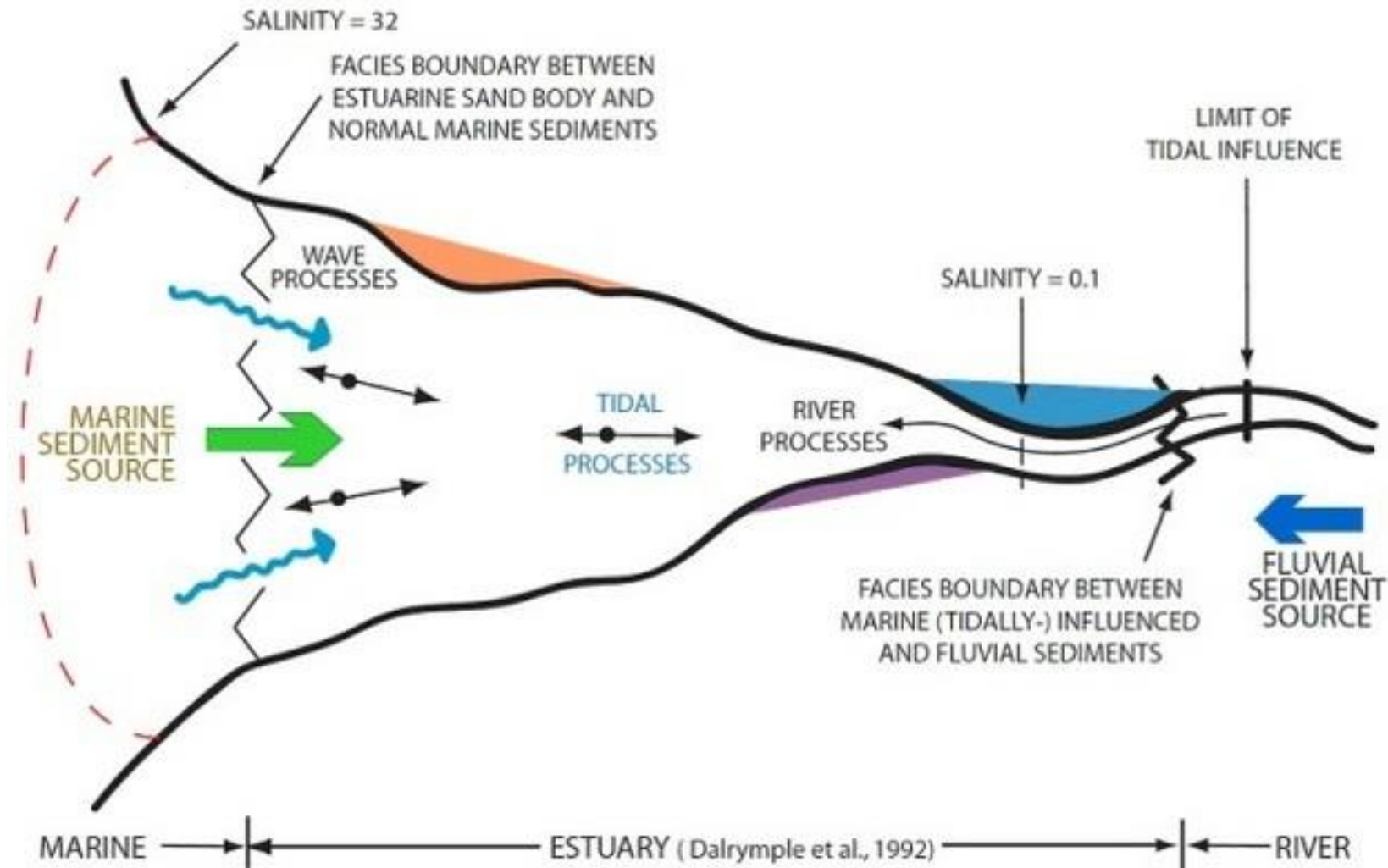
$$dh = f \cdot u W / g,$$

trong đó W là chiều rộng của kênh. Nếu u là $0,5 \text{ m s}^{-1}$, $f \approx 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ và $W=200 \text{ m}$, thì sự thay đổi độ cao trên khu vực cửa sông là khoảng 1 mm .

Độ dốc của mặt biển

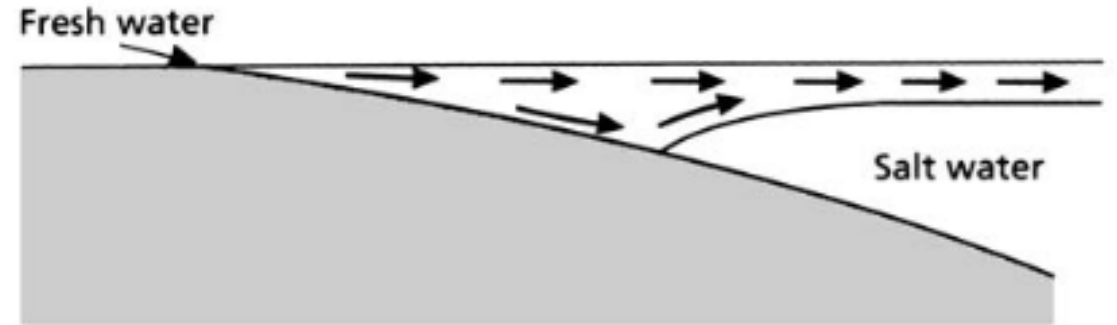
- Khi nước chảy ra khỏi cửa sông, độ dốc bề mặt này bị mất đi và không thể cung cấp lực áp suất để cân bằng lực Coriolis.
- Lực Coriolis làm cho nó quay sang phải nhưng nó lại xuất hiện bên trong đường bờ và tạo ra một tình huống tương tự như tình huống tìm thấy trong cửa sông.
- Khi lực Coriolis đẩy nước sang phải, sự ngăn chặn của bờ biển gây ra một gradient áp suất đối nghịch dưới dạng một độ dốc nhỏ của mực nước biển so với bờ biển và dòng nước ngọt hơn tiếp tục trên đường đi của nó như một dòng chảy ven biển ở trạng thái cân bằng địa chuyển song song với bờ biển.
- Mô hình thí nghiệm của quá trình này được mô tả bởi McClimans (1986).

3.3. CÁC DẠNG CỬA SÔNG (CƠ SỞ ĐỘNG LỰC TƯƠNG TÁC CỦA HỆ THỐNG HOÀN LƯU CỬA SÔNG)

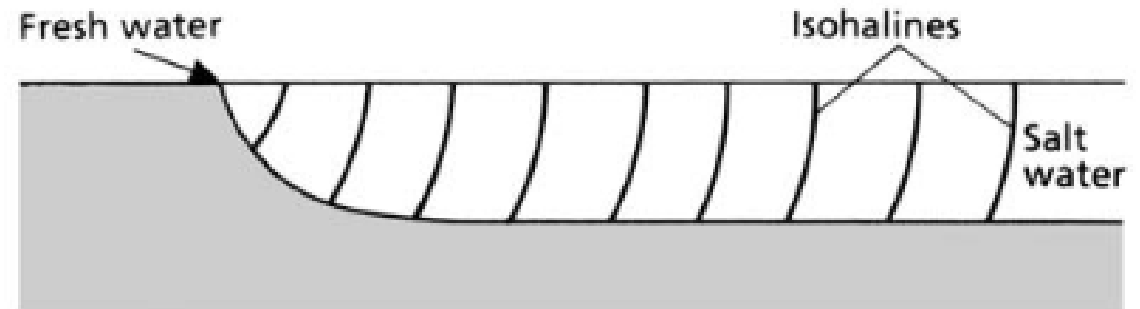


Độ sâu tăng dần

- Hoàn lưu cửa sông được tìm thấy ở nhiều cửa sông nói chung, nhưng có một số quá trình có thể làm thay đổi mô hình cơ bản.
- Ở một số cửa sông, có độ sâu dốc thoải từ nơi sông chạm đến mực nước biển và dòng sông đủ mạnh để kéo lớp nước biển ra xa hơn so với mức bình thường nếu không có nước ngọt.
- Trong những trường hợp này, lớp trên và lớp dưới xuất hiện như trong phía dưới. Do hình dạng giống cái nêm của lớp dưới nên những lớp này được gọi là cửa sông hình nêm muối.
- Vị trí mà lớp dưới gặp đáy thay đổi theo cường độ của dòng nước ở lớp trên, và trong trường hợp của sông Mississippi, điểm này có thể thay đổi hơn 200 km trong suốt cả năm.



Cửa sông nêm muối. Tại các cửa sông cạn, nước chảy xiết có thể khiến nước mặn bị đẩy ra ngoài theo hình nêm.



Cửa sông xáo trộn triều. Các cửa sông có nhiều sóng gió có xu hướng được xáo trộn theo chiều dọc

Độ sâu tăng dần

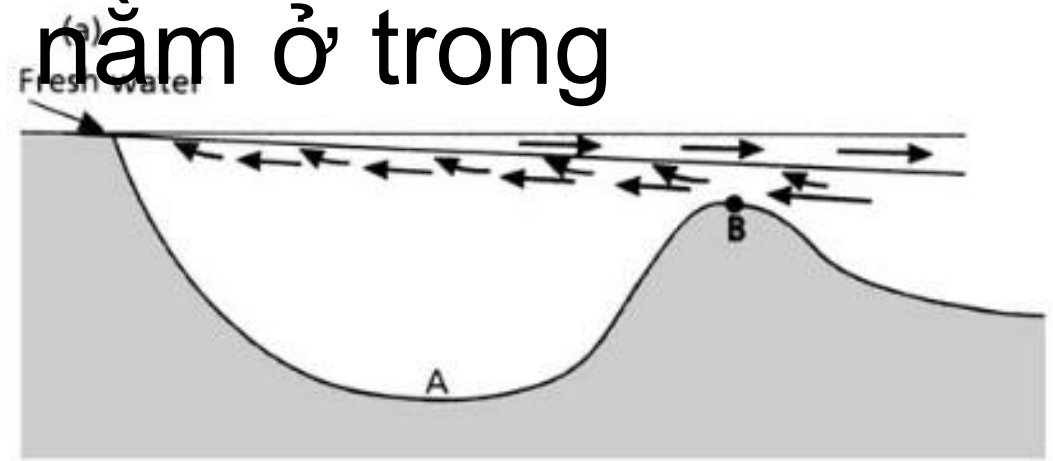
- Thay đổi độ muối ở ranh giới của nêm muối dẫn đến sự kết tụ và lắng đọng của các hạt được mang theo trong chất lơ lửng (huyền phù).
- Các hạt này được đưa vào đất liền từ vùng nước sâu hơn và tập trung ở đầu của nêm muối, do đó chúng tạo ra một vùng có độ đục cao, khu vực "độ đục tối đa (cực đại)", cũng có xu hướng di chuyển lên và xuống cửa sông theo cường độ của dòng nước ngọt.
- Bằng cách này, các hạt lắng đọng được phân bố trên một khu vực rộng và dẫn đến sự hình thành bãi triều bùn đặc trưng của các cửa sông

Độ sâu tăng dần

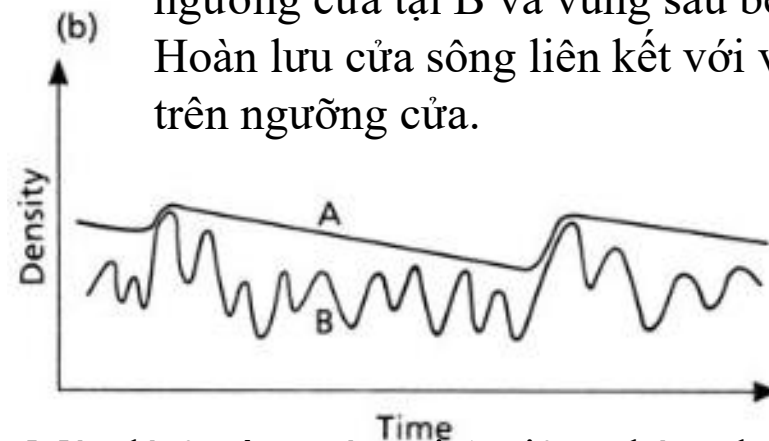
- cửa sông xáo trộn một phần, ma sát giữa đáy và dòng chảy thủy triều tạo ra dòng rối đủ để làm suy yếu phân tầng thẳng đứng.
- Theo Pritchard (1989), lý do của sự xáo trộn một phần có thể là do dòng chảy sông giảm hoặc do biến đổi độ sâu của sông hoặc cường độ dòng triều tăng lên theo chiều rộng của sông.
- Các cửa sông có độ sâu của nước có xu hướng tăng dần về phía cửa các cửa sông

Cửa sông có nhiều vịnh hẹp có ngưỡng nông gần cửa ra và lưu vực sâu nằm ở trong

- Các vùng nước ở lưu vực sâu bị cô lập với vùng nước của thềm lục địa bên ngoài và chỉ được thay đổi trong những khoảng thời gian không đều khi có một lượng nước lớn hơn khối lượng nước nặng nằm dưới đáy phân ở bên trong đi vào để có thể thay thế cho chúng.
- Trên độ sâu của ngưỡng cửa, các vịnh hẹp thường thể hiện sự lưu thông kiểu cửa sông cổ.
- Những thay đổi về mật độ dẫn đến sự thay đổi của nước sau độ sâu ngưỡng cửa



Mặt cắt dọc của vịnh hẹp (Fjord) cho thấy ngưỡng cửa tại B và vùng sâu bên trong tại A. Hoàn lưu cửa sông liên kết với vùng nước phía trên ngưỡng cửa.



Mật độ ở vùng sâu tại A giảm chậm theo thời gian vì hiện tượng khuếch tán theo phương thẳng đứng. Nước sâu bị thay thế và tăng mật độ khi nước chảy qua ngưỡng cửa ở B đậm đặc hơn nước ở vùng sâu

Cửa sông có nhiều vịnh hẹp có ngưỡng nông gần cửa ra và lưu vực sâu nằm ở trong

- Trong bồn sâu, mật độ giảm chậm do sự khuếch tán rối theo phương thẳng đứng, đây là cơ chế duy nhất có xu thế trao đổi nước giữa lớp nhẹ phía trên và lớp nước sâu đậm đặc hơn nằm dưới.
- Mặt khác, mật độ của nước chảy vào vịnh hẹp trên ngưỡng tại B, thay đổi theo thời gian sau những thay đổi của dòng triều, dòng chảy và ứng suất gió.
- Khi những yếu tố này làm cho khối lượng riêng tại B lớn hơn khối lượng riêng tại A, thì nước chìm xuống và thay thế nước trong bồn sâu.

Ôn tập chương III

1. Hoàn lưu trong khu vực cửa sông
2. Điều kiện để chuyển động rối hình thành và phát triển trong sông.
3. Xác định chênh lệch độ cao trên mặt cắt ngang sông ntn ?
4. Vai trò của thủy triều, sóng trong quá trình tương tác vùng cửa sông ?

Q&A

When? Why? How? WHAT? WHERE? WHEN? What? HOW? Why? WHAT? When?

When? WHAT? HOW? WHEN? When? WHERE? Why? When? WHAT?

When? WHO? WHERE? WHEN? WHAT? WHEN?

When? Why? HOW? Where? WHERE? What? WHEN? WHERE? HOW?

When? What? WHAT? WHERE? When? WHERE? When? WHAT? Why?

Why? HOW? Where? WHERE? WHEN? What? WHERE? When? WHEN? HOW? WHAT? Why?

When? What? HOW? WHEN? When? WHEN? HOW? WHAT? Why?