

Nhận diện trầm tích gợn sóng đáy biển sâu trên tài liệu địa chấn 3D

Lê Ngọc Ánh^{1,*}

¹ Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Trầm tích gợn sóng đáy biển sâu là các trầm tích hạt thô hoặc mịn được hình thành do các dòng chảy ngầm đáy biển nơi có độ sâu trên 1000m. Đây là các dòng chảy mang theo vật liệu trầm tích chảy xuống phía dưới sườn dốc hoặc dọc theo sườn dốc và hình thành nên các dạng trầm tích gợn sóng có đặc trưng khác nhau liên quan đến loại hạt trầm tích là thô hay mịn. Trầm tích gợn sóng đáy biển sâu có thể phát hiện trên diện tích 1 - 10 km, với cao độ từ 1 - 10m và bước sóng lên tới vài trăm mét. Tại khu vực nghiên cứu ngoài khơi Tây Phi, dựa trên tài liệu địa chấn 3D bao phủ 1500 Km² và mực nước biển từ ~1000 - 2000m, trầm tích gợn sóng đã được phát hiện trong trầm tích Pliocen - Pleistocen tại khu vực sườn dốc, với góc dốc 3,4°. Các dòng chảy xuống phía dưới sườn dốc theo các khe rãnh tạo nên các vết gợn sóng có bước sóng đều đặn, kích thước là 0,5 - 1km và biên độ điển hình là ~40m trên đáy biển. Dưới chúng là các vết gợn sóng cổ bị chôn vùi có bước sóng tương tự với gợn sóng đáy biển nhưng biên độ nhỏ dần tới khoảng ~20m. Trầm tích gợn sóng hạt thô xuất hiện tại mặt bào mòn của các khe rãnh biển sâu đóng vai trò chuyển tiếp trầm tích, mức độ liên tục bị hạn chế. Do đó khó để trở thành đá chứa dầu khí tốt. Tuy nhiên sự xuất hiện của cấu trúc đặc biệt này nơi đáy biển lại giúp chỉ ra khả năng xuất hiện của các tập cát dày xa hơn phía sâu hơn của bể.

Từ khóa: Trầm tích gợn sóng đáy biển sâu; dòng chảy đáy biển; địa chấn 3D.

1. Đặt vấn đề

Trầm tích gợn sóng đáy biển được nêu ra từ những năm 1980, khi hệ thống sóng âm SeaMARC I lần đầu tiên được sử dụng tại khu vực nước sâu (Piper, Shor và nnk. 1985, Malinverno, Ryan và nnk. 1988). Hình ảnh thu được tiết lộ cấu trúc gợn sóng tại khu vực nước sâu, chúng ban đầu được mang so sánh với trầm tích cuội sỏi lắng đọng do ngập lụt cho thấy có sự tương đồng về chiều dài và chiều cao của các gợn sóng. Gợn sóng có chiều cao từ 1 - 70 m và bước sóng 0.1 - 6 km, xảy ra tại những nơi có góc dốc < 1°. Chúng có những đặc trưng là kích thước lớn dạng gợn sóng với đỉnh sóng thẳng hoặc uốn nếp, xếp chồng lên nhau và có xu hướng vuông góc với dòng chảy chính. Chiều dài đỉnh sóng có thể lên đến 60 km và gần như vuông góc với hướng dòng chảy. Các gợn sóng có mức độ bất đối xứng khác nhau, dày hơn ở phía hướng lên sườn dốc cho thấy hướng dịch chuyển lên phía trên sườn dốc. Kích thước của sóng giảm dần theo hướng xuống sườn dốc. Trầm tích gợn sóng đáy biển được hình thành do dòng chảy turbidite và đã được miêu tả ở một số môi trường nước sâu, xuất hiện tại các tường trầm tích vỡ bờ (channel levees), đáy của kênh dẫn (channel floors) và tại rìa các quạt ngầm đáy biển (submarine fans).

Khu vực nghiên cứu nằm ở ngoài khơi Tây Phi, thuộc rìa thụ động, với diện tích nghiên cứu là 1500km². Diện tích nghiên cứu được thu nỏ địa chấn 3D với độ phân dải cao. Khoảng nghiên cứu nằm trong trầm tích tuổi Pliocen-Pleistocen. Tại khu vực nghiên cứu đã phát hiện tồn tại trầm tích gợn sóng với kích thước lớn, bên trong các hẻm ngầm đáy biển. Sử dụng tài liệu địa chấn 3D chất lượng cao cho phép nghiên cứu được sự phân bố của trầm tích gợn sóng và đặc trưng của chúng một cách chi tiết, làm sáng tỏ đặc điểm trầm tích khu vực nước sâu Tây Phi, ngoài khơi Cameroon.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.1. Phân loại trầm tích gợn sóng

Theo Wynn and Stow (2002), trầm tích gợn sóng tạo bởi dòng chảy turbidite đã được chia làm 2 nhóm dựa trên kích thước hạt, trầm tích gợn sóng hạt mịn và trầm tích gợn sóng hạt thô.

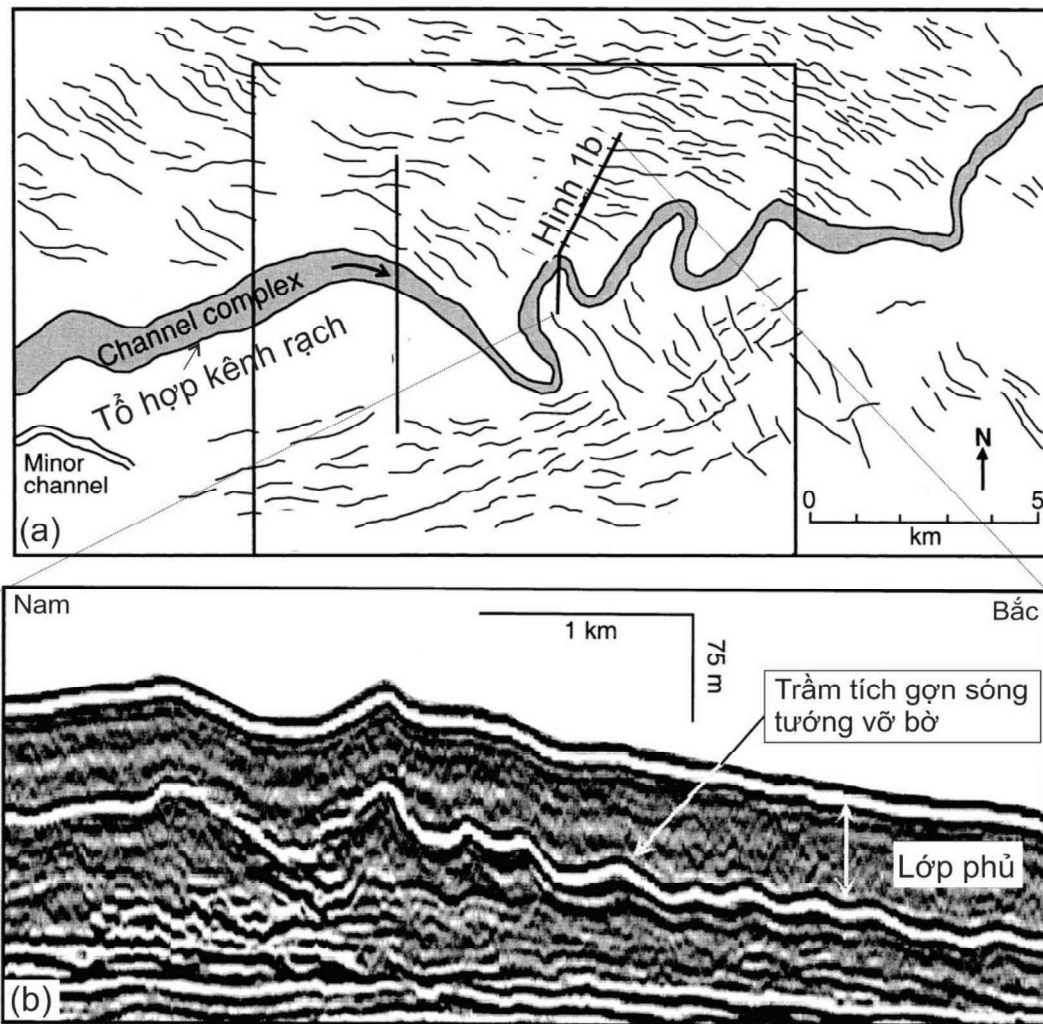
Trầm tích gợn sóng hạt mịn thường được tìm thấy tại khu vực có dòng chảy turbidite chảy tràn, như các gợn sóng của trầm tích vỡ bờ (Hình 1) (Normark, Piper và nnk. 2002). Ngoài ra, trầm tích gợn sóng cổ bị chôn vùi có đặc điểm hạt mịn cũng được tìm thấy dựa trên tài liệu địa chấn tại hệ thống tường trầm tích tràn bờ tại Makassar Strait (Posamentier, Wisman và nnk. 2000) và khu vực nước sâu của Niger delta

* Tác giả liên hệ

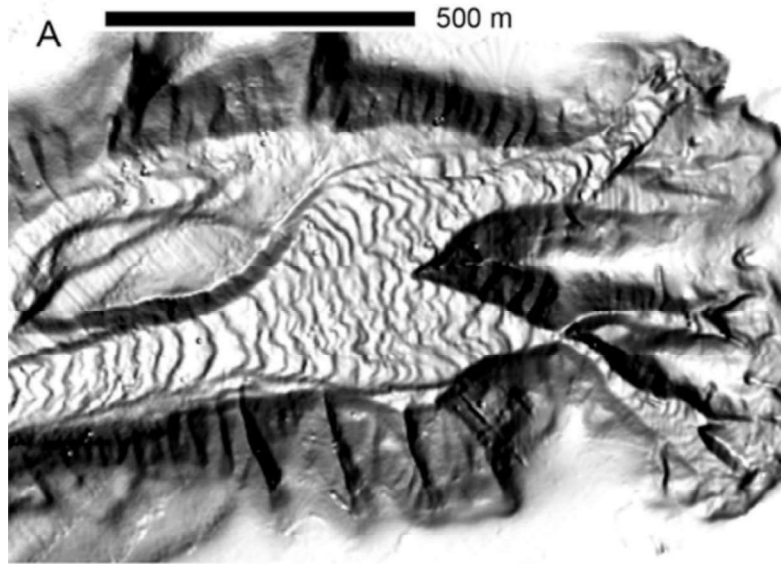
Email: lengocanh@humg.edu.vn

(Normark, Piper và nnk. 2002). Chúng có kích thước từ 1 đến 7km dài và 80m cao. Kích thước này chỉ ra sự liên quan độ dốc của sườn dốc và khoảng cách đến nguồn vật liệu (Normark, Piper và nnk. 2002).

Trầm tích gợn sóng hạt thô thường phát triển gần với các hệ thống quạt ngầm đáy biển như giữa các vực ngầm, bên trong kênh dẫn hoặc khoảng chuyển tiếp giữa kênh dẫn và quạt ngầm (Wynn and Stow 2002) (Hình 2). Chúng có kích thước nhỏ hơn trầm tích gợn sóng hạt mịn và xuất hiện ít hơn cũng như trong khoảng thời gian ngắn hơn, liên quan đến một chu kỳ hoạt động của trầm hệ thống turbidite. Với đặc trưng là trầm tích hạt thô, kích thước các gợn sóng lên đến 1 km dài, cao đến 10 m, bao gồm các trầm tích cát hạt hoặc cuội sỏi và có xu hướng dịch chuyển lên phía trên sườn dốc. Trầm tích gợn sóng hạt thô trong các kênh dẫn có xu hướng giảm chiều dài bước sóng theo hướng giảm vận tốc dòng chảy. Điều này cho thấy mối quan hệ giữa vận tốc dòng chảy và kích thước gợn sóng. Gợn sóng thường có hình dạng không đều do bị tác động bởi từng đợt dòng chảy / hoặc các pha dịch chuyển. Trầm tích dạng này được công bố phát hiện tại nhiều khu vực như vực Monterey (Xu, Wong và nnk. 2008) , vực Var (Piper and Savoye 1993).



Hình 1. (a) Bản đồ phác họa tổ hợp kênh rạch ngoài khơi Indonesia cùng với phân bố của các trầm tích gợn sóng tương vỡ bờ. (b) Mặt cắt địa chấn minh họa trầm tích gợn sóng tương vỡ bờ ngoài khơi Indonesia. Chiều cao của gợn sóng giảm theo dần ra xa đỉnh bờ (Normark, Piper và nnk. 2002).

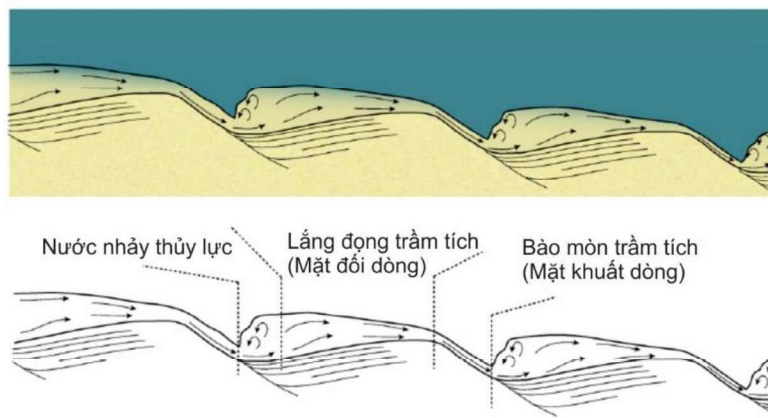


Hình 2. Trầm tích gợn sóng phát hiện trong vực Monterey, đáy vực có vết gợn sóng do cát kích thước lớn, bước sóng từ vài mét đến hàng chục mét được hình thành do dòng chảy ngầm có năng lượng lớn (Xu, Wong và nnk. 2008).

2.2. Cơ chế hình thành trầm tích gợn sóng

Cấu trúc của gợn sóng được hình thành do sự kết hợp giữa tốc độ lắng đọng trầm tích và sự dịch chuyển đỉnh sóng (Cartigny, Postma và nnk. 2011). Giả sử tốc độ lắng đọng trầm tích gia tăng, chu kỳ lắng đọng trầm tích có thể được phân ra: Loại-1) trầm tích ở mặt đối dòng và bào mòn mạnh mẽ ở mặt khuất dòng, Loại-2) lượng trầm tích ở mặt đón dòng bằng với lượng bào mòn ở mặt khuất dòng, Loại-3) cả hai mặt khuất dòng và đón dòng đều lắng đọng trầm tích, trầm tích dày và thô hơn ở mặt đón dòng, mỏng và mịn hơn ở mặt khuất dòng.

Thuật ngữ bước tuần hoàn được đặt ra để mô tả cơ chế hình thành trầm tích gợn sóng, có xu hướng bồi lấp ngược lên sườn dốc. Parker, Ashworth và nnk. (1996) đã mô tả các bước tuần hoàn là một chuỗi các bước lắng đọng trầm tích chậm, ngược lên sườn dốc. Khi dòng chảy bậc xuôi xuống một bậc (chảy qua mặt khuất dòng) sẽ bị giảm mạnh vận tốc bởi hiện tượng nước nhảy thủy lực trước khi đến với mặt đối dòng (Hình 2). Vận tốc dòng chảy tại mặt đối dòng giảm dần đến lắng đọng trầm tích. Tại mặt khuất dòng do vận tốc dòng chảy cao, dẫn đến bào mòn hoặc hạn chế trầm tích xảy ra. Sự mất cân bằng trầm tích giữa hai cạnh của sườn sóng dẫn đến sóng trầm tích có xu hướng dịch chuyển lên phía trên sườn dốc.



Hình 3. Hình vẽ minh họa dòng chảy xuống sườn dốc, mang tính tuần hoàn. Môi trường nước màu xanh, trầm tích biểu diễn màu vàng. Dòng chảy turbidite chảy từ trái sang phải. Nước nhảy thủy lực xảy ra tại vị trí trũng sâu nhất, tại chân của mặt khuất dòng. Trên mặt đón dòng vận tốc dòng nhỏ dẫn đến lắng đọng trầm tích. Tại mặt khuất dòng, do vận tốc dòng chảy cao, bào mòn hoặc hạn chế trầm tích xảy ra. Sự không cân bằng giữa lắng đọng trầm tích của hai sườn sóng dẫn đến gợn sóng dịch chuyển lên phía trên sườn dốc kết hợp với tích tụ trầm tích (Cartigny, Postma và nnk. 2011).

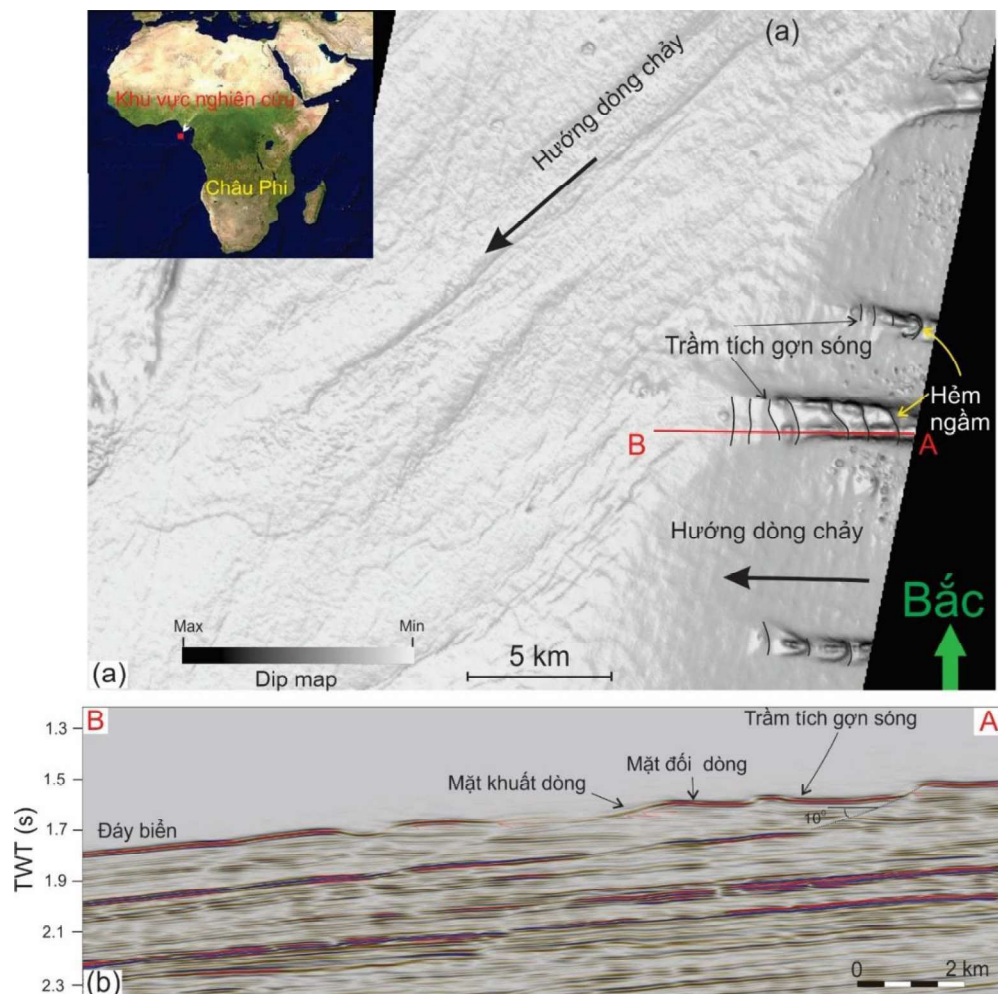
2.3. Phương pháp nghiên cứu

Chủ yếu sử dụng phương pháp minh giải địa chấn để xác định các kết thúc phản xạ, ranh giới trầm tích, bất chỉnh hợp. Sau đó kết hợp với phân tích thuộc tính địa chấn đặc biệt để làm rõ hình thái và cấu trúc của trầm tích gợn sóng trên bản đồ và mặt cắt. Ở đây tác giả sử dụng thuộc tính góc dốc (Dip map) áp dụng cho khối địa chấn 3D phân giải cao ngoài khơi Tây Phi. Thuộc tính góc dốc được xem là phù hợp nhất vì trầm tích gợn sóng có hình dạng uốn nếp nhấp nhô, thay đổi góc dốc liên tục, nên dễ được nhận diện trên thuộc tính góc dốc. Cuối cùng là luận giải kết quả với những đặc trưng gợn sóng đã được nhận diện trên các tài liệu công bố.

3. Kết quả và thảo luận

Nghiên cứu tại khu vực nước sâu trên diện tích 1500 km², thềm thụ động ngoài khơi Tây Phi, nơi có mực nước dao động từ 1000 - 1600m đã phát hiện thấy một hệ thống hẻm ngầm phát triển trên sườn dốc (Hình 4). Chúng có hướng Đông Tây, chiều dài khoảng 20 - 30 km, rộng 4 - 7 km và sâu khoảng 120 m.

Tại đáy các hẻm ngầm đáy biển, gợn sóng có biên độ từ 30 - 40m. Bên dưới chúng là các gợn sóng cổ chôn vùi có biên độ giảm dần từ 10 - 20m. Mức độ gợn sóng giảm dần theo hướng xuống sườn dốc. Các dấu hiệu bào mòn cắt cụt được phát hiện cục bộ với kết thúc phản xạ kè áp vào mặt khuất dòng. Ranh giới giữa các gợn sóng có xu hướng nghiêng xuôi xuống sườn dốc một góc 6° - 15°, độ dốc đáy biển là 3°. Trầm tích này phát triển trong Pliocen - Pleistocen và giới hạn bên trong các hẻm ngầm đáy biển. Sự giảm dần biên độ bước sóng trong các hẻm ngầm cho thấy quá trình tạo ra trầm tích này liên quan đến dòng chảy turbidite. Theo quan điểm của Spinewine, Sequeiros và nnk. (2009), gợn sóng tại khu vực nghiên cứu với hình thái bất đối xứng cho thấy dòng chảy có năng lượng thấp.



Hình 4. (a) Bản đồ góc dốc đáy biển nơi phát hiện các hẻm ngầm hướng Đông Tây, (b) mặt cắt địa chấn dọc theo hẻm ngầm minh họa trầm tích gợn sóng, biên độ sóng giảm dần theo hướng gia tăng độ sâu nước biển.

4. Kết luận

Tại khu vực nghiên cứu, trầm tích gợn với sóng bất đối xứng phát triển trong các hẻm ngầm trên sườn dốc đáy biển hướng Đông Tây, với góc dốc nhỏ $\sim 3,4^\circ$. Chúng được hình thành trong môi trường dòng chảy có năng lượng yếu. Gợn sóng có biên độ tương đối lớn $\sim 40\text{m}$ và bước sóng từ 0,5 đến 1km. Chiều dài bước sóng và biên độ giảm dần theo hướng gia tăng chiều sâu mực nước biển. Biên độ các gợn sóng bị chôn vùi cũng giảm dần tới khoảng 20m. Trầm tích gợn sóng phát triển trong hệ thống hẻm ngầm đáy biển có chiều dài $\sim 20 - 30\text{km}$, rộng 4 - 7km và sâu $\sim 120\text{m}$. Không có phát hiện của trầm tích gợn sóng bên ngoài các hẻm ngầm. Sự xuất hiện của trầm tích gợn sóng này chỉ ra tiềm năng xuất hiện các tập cát dày xa phía nước sâu của bể.

Tài liệu tham khảo

- Cartigny, M. J., G. Postma, J. H. van den Berg and D. R. Mastbergen (2011). "A comparative study of sediment waves and cyclic steps based on geometries, internal structures and numerical modeling." *Marine Geology* 280(1-4): 40-56.
- Malinverno, A., W. B. Ryan, G. Auffret and G. Pautot (1988). "Sonar images of the path of recent failure events on the continental margin off Nice, France." *Geological Society of America Special Papers* 229: 59-76.
- Normark, W. R., D. J. Piper, H. Posamentier, C. Pirmez and S. Migeon (2002). "Variability in form and growth of sediment waves on turbidite channel levees." *Marine Geology* 192(1-3): 23-58.
- Parker, G., P. Ashworth, J. Bennett, J. Best and S. McLelland (1996). "Some speculations on the relation between channel morphology and channel-scale flow structures." *Coherent flow structures in open channels* 423.
- Piper, D. J. and B. Savoye (1993). "Processes of late Quaternary turbidity current flow and deposition on the Var deep - sea fan, north - west Mediterranean Sea." *Sedimentology* 40(3): 557-582.
- Piper, D. J., A. N. Shor, J. A. Farre, S. O'Connell and R. Jacobi (1985). "Sediment slides and turbidity currents on the Laurentian Fan: Sidescan sonar investigations near the epicenter of the 1929 Grand Banks earthquake." *Geology* 13(8): 538-541.
- Posamentier, H. W., P. S. Wisman and T. Plawman (2000). "Deep Water Depositional Systems²Ultra Deep Makassar Strait, Indonesia."
- Spinewine, B., O. E. Sequeiros, M. H. Garcia, R. T. Beaubouef, T. Sun, B. Savoye and G. Parker (2009). "Experiments on wedge-shaped deep sea sedimentary deposits in minibasins and/or on channel levees emplaced by turbidity currents. Part II. Morphodynamic evolution of the wedge and of the associated bedforms." *Journal of Sedimentary Research* 79(8): 608-628.
- Wynn, R. B. and D. A. Stow (2002). "Classification and characterisation of deep-water sediment waves." *Marine Geology* 192(1-3): 7-22.
- Xu, J., F. L. Wong, R. Kvitek, D. P. Smith and C. K. Paull (2008). "Sandwave migration in Monterey submarine canyon, central California." *Marine Geology* 248(3-4): 193-212.

ABSTRACT

Characteristics of Sediment wave based on 3D seismic data

Le Ngoc Anh¹

¹ Hanoi University of Mining and Geology

Sediment waves are coarse - or fine-grained sediments, generated beneath currents flowing across the seabed where the water depth greater than 1000m. The flows are either downslope-flowing turbidity currents or along slope-flowing bottom currents. Sediment waves are largescale, undulating bedforms with straight, sinuous or curved crests that are aligned roughly perpendicular to the dominant current flow direction. They are observed in over the area of 1 - 10km with the wave crest of 1-10m and wavelength of hundred meters. 3D seismic data has been used to investigate the sediment wave development on the slope of offshore West Africa. The area cover 1500km² with the water depth 1000 - 2000m. Sediment wave within the Pliocene-Pleistocene age on the 3.4 α slope. The wavelength and amplitude vary significantly from the seafloor to subsurface. The regular wavelengths on the seafloor are 0.5 km - 1 km, with a typical amplitude of c. 40 m; wavelengths of the sub-surface undulations are similar to those on the seafloor but show smaller amplitudes, ~ 20 m. The undulations are observed to decrease in amplitude and wavelength downslope. Coarse-grained sediment waves commonly occur at erosional unconformities in canyons or

channels largely experiencing sediment bypass. As a result, they rarely lead to the formation of significant reservoir rock, and lateral continuity is probably poor. However, if recognised in the ancient record in hydrocarbon basins, may be to point to the occurrence of thick sands farther basinward.

Keywords: Sediment waves; Turbidite; 3D seismic.