

HIỆU QUẢ SỬ DỤNG TRẠM ĐO ĐỊA CHẤN NÔNG PHÂN GIẢI CAO ĐỂ KHẢO SÁT VÙNG BIỂN NƯỚC NÔNG

NGUYỄN ĐÌNH NGUYỄN, PHẠM NGUYỄN HÀ VŨ, PHAN THANH TÙNG

Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội, Nguyễn Trãi, Hà Nội

Tóm tắt: Phương pháp địa chấn nông phân giải cao thường được sử dụng để nghiên cứu nghiên cứu cấu trúc địa chất tầng nông ở vùng biển có độ sâu đến vài trăm mét. Đối tượng nghiên cứu của địa chất tầng nông chủ yếu là các thành tạo địa chất nằm ở phần trên cùng của mặt cắt địa chất, nằm ở độ sâu khoảng một vài trăm mét trở lại dưới đáy biển để phục vụ tìm kiếm khoáng sản, địa chất công trình, ... Hệ thống địa chấn nông phân giải cao phát sóng và ghi liên tục sóng phản xạ dải tần số cao khoảng từ vài trăm đến vài nghìn Hz, đạt độ phân giải ngang 3-5 m và độ phân giải đứng 0,5-1 m.

I. GIỚI THIỆU TRẠM ĐO ĐỊA CHẤN NÔNG PHÂN GIẢI CAO

Hệ thống thiết bị khảo sát địa chấn nông phân giải cao GeoResources hiện có ở Trường Đại học Khoa học Tự nhiên (Đại học Quốc gia Hà Nội) bao gồm:

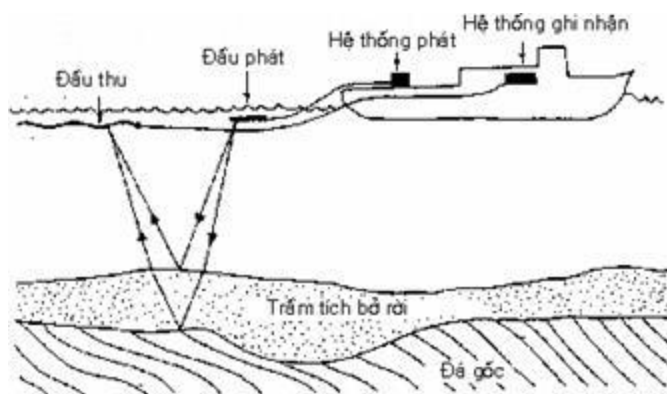
- Nguồn phát xung cao cao áp 1000J;
- Nguồn phát dao động Sparker;
- Nguồn phát dao động Boomer;
- Hệ thống cáp nối Nguồn phát xung cao áp và Nguồn phát dao động;
- Dải đầu thu (Streamer) Geo-Sense;
- Hệ thống điều khiển phát sóng địa chấn và thu số liệu địa chấn Minitrace (có phần mềm đi kèm);
- Hệ thống bè, phao;
- Máy nổ phát điện xoay chiều 220V;
- Hệ thống tời kéo thả cáp;
- Các loại dụng cụ và thiết bị đi kèm để lắp đặt như máy định vị dẫn đường GPS...

II. KHÁI QUÁT VỀ ĐỊA CHẤN PHẢN XẠ NÔNG PHÂN GIẢI CAO

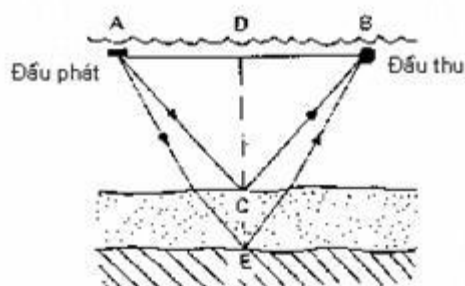
Hệ thống khảo sát địa chấn nông phân giải cao trên biển được lắp đặt trên tàu khảo sát bao gồm một nguồn phát dao động âm (thường được bố trí chìm trong nước) và đầu thu hydrophon để thu tín hiệu được nguồn phát dao động phát ra sau khi phản xạ tại ranh giới âm học, một máy ghi đồ họa để chuyển đổi những tín hiệu ghi được thành mặt cắt hoặc băng ghi giấy liên tục. Băng ghi này thể hiện mặt cắt liên tục các thành tạo bên dưới đáy biển khi tàu chuyển động trên mặt nước (Hình 1).

Mặt cắt địa chấn thu được bằng cách dựa vào tính toán khoảng thời gian từ lúc phát tín hiệu âm học đến khi tín hiệu đó quay trở lại đến đầu thu, sau khi phản xạ trên một ranh giới âm học ở ngay dưới đáy biển (Hình 2).

Trong địa chấn nông phân giải cao, để phát sóng người ta sử dụng 2 loại nguồn phát: nguồn phóng tia lửa điện - Sparker và nguồn rung - Boomer. Nguồn Sparker tạo ra các xung áp suất nhờ phóng dòng điện mạnh trực tiếp vào môi trường dẫn điện (nước mặn), có công suất lớn, đạt tới hàng chục kJ, song các dao động do nguồn này phát ra nằm ở dải tần thấp, từ 500-600 đến khoảng 1000 Hz. Nguồn Boomer thì tạo ra các dao động nhờ sự rung động của các màng kim loại dưới tác dụng của lực điện từ, có công suất phát nhỏ, không vượt quá 1 kJ, song các dao động do nguồn phát ra có tần số cao hơn so với nguồn Sparker và nằm trong dải tần từ một vài trăm đến 5000-6000 Hz. Công suất và dải tần số của các nguồn phát sóng ảnh hưởng quyết định đến độ sâu nghiên cứu và độ phân giải của các khảo sát địa chấn (Hình 6). Các nguồn phát có công suất lớn và tần số thấp có độ sâu khảo sát lớn nhưng độ phân giải thấp. Ngược lại, các nguồn phát có các xung sóng tần số cao có khả năng nghiên cứu chi tiết lát cắt địa chất do có độ phân giải cao [4].



Hình 1. Các thành phần cơ bản của hệ thống địa chấn phản xạ liên tục.

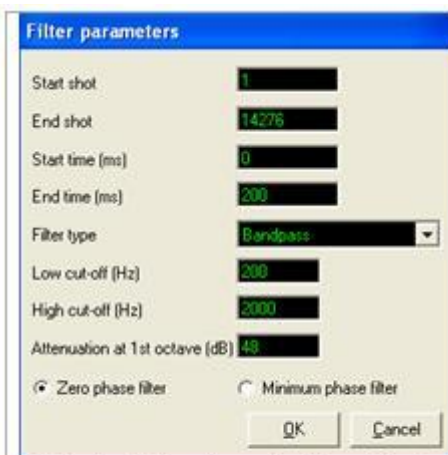


Hình 2. Mô hình tia sóng truyền trong hệ thống địa chấn phản xạ liên tục.

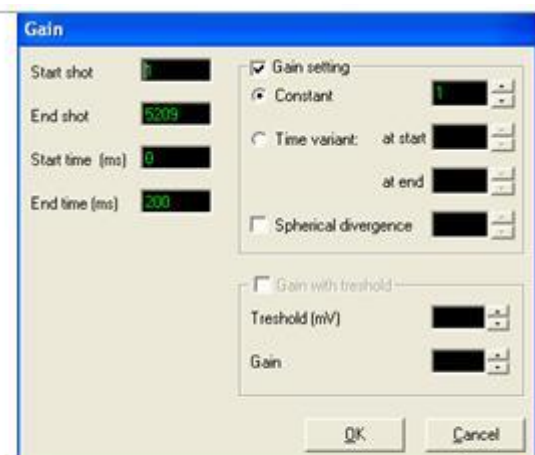
Trong quá trình thu thập số liệu, nguồn phát và đầu thu phải được bố trí sao cho không chịu ảnh hưởng của sóng do chân vịt và do tàu rẽ sóng tạo ra, nhằm hạn chế tối đa nhiễu do hoạt động của tàu. Đối với nguồn Sparker, các điện cực bị ăn mòn do đánh tia lửa điện ảnh hưởng đến tính chất của xung sóng được tạo ra nên để đảm bảo tính ổn định, đồng nhất của các xung sóng cần phải theo dõi và cắt gọt các đầu phát tia lửa điện định kỳ. Nguồn Sparker hiện có ở Trường Đại học Khoa học Tự nhiên (Đại học Quốc gia Hà Nội) sử dụng điện cực âm để phát tia lửa điện làm giảm tốc độ hao mòn của điện cực và nâng cao được thời gian sử dụng của thiết bị.

Trong khảo sát địa chấn nông phân giải cao, khoảng cách thu nổ phải nhỏ và chiều dài dải đầu thu ngắn. Thông thường, dải đầu thu thủy phon được sử dụng có độ dài khoảng 4-10 m với 8-16 phần tử được nối với nhau để tạo tín hiệu đầu ra đơn kênh.

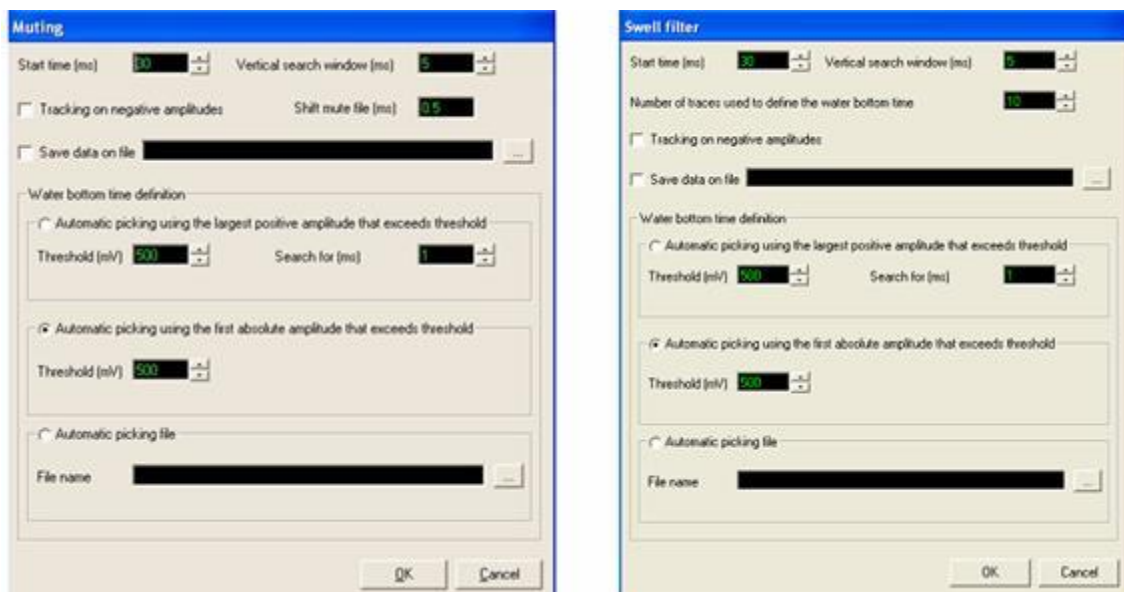
Số liệu địa chấn nông phân giải cao thu được cần phải được xử lý để tạo đưa ra kết quả mặt cắt địa chấn cuối cùng. Các phương pháp xử lý thường được áp dụng trong địa chấn nông phân giải cao là lọc dải tần số qua (band pass filter), khuếch đại (gain), lọc sóng (swell filter) và chặn tiếng (muting). Lọc dải tần số qua được sử dụng để làm suy giảm hay loại bỏ các tín hiệu âm học không mong muốn, dải tần số qua là dải tần số được bộ lọc cho phép đi qua. Dải tần số qua được giới hạn trên và dưới bởi hai mức ngưỡng: giới hạn dưới cho phép cắt bỏ các tần số thấp hơn ngưỡng và giới hạn trên cho phép cắt bỏ các tần số cao hơn ngưỡng (Hình 3). Khuếch đại được sử dụng để tăng cường độ mạnh của tín hiệu, có thể khuếch đại bằng một hằng số nhất định hay khuếch đại theo thời gian quét (Hình 4). Lọc sóng dùng để hiệu chỉnh địa hình đáy do ảnh hưởng của nhiễu do sóng biển gây ra (Hình 5). Muting dùng để cắt bỏ các tín hiệu không cần thiết từ đáy biển trở lên (Hình 5). Các phương pháp xử lý số liệu đều có trong các modul của phần mềm Geo-trace đi kèm thiết bị của hãng Geo Resources.



Hình 3. Chức năng này cho phép lọc cắt bỏ các tần số thấp, tần số cao.



Hình 4. Chức năng Gain cho phép khuếch đại tín hiệu.



Hình 5. *Swell filter* và *Muting* là hai chức năng song hành. *Swell filter* hiệu chỉnh sai số địa hình do nhiễu của sóng biển, *Muting* loại bỏ tín hiệu bên trên đáy biển để tăng chất lượng hình ảnh.

Địa chấn phản xạ nông phân giải cao được sử dụng để khảo sát mặt cắt địa chấn nằm sát đáy biển, từ một vài mét đến vài trăm mét. Để chuyển đổi kết quả luận giải từ mặt cắt địa chấn sang mặt cắt địa chất, cần sử dụng vận tốc sóng âm lan truyền trong môi trường nước biển và trong trầm tích để chuyển đổi từ thời gian sang độ sâu. Vận tốc sóng âm trong môi trường nước biển thay đổi từ 1460 đến 1560 m/s, phụ thuộc vào nhiệt độ môi trường xung quanh, độ mặn và áp suất (độ sâu). Trong luận giải mặt cắt địa chấn, vận tốc sóng âm trong môi trường nước biển thường được sử dụng là 1500 m/s, trừ khi có giá trị khác chính xác hơn. Vận tốc sóng âm trong môi trường trầm tích tăng khi độ rỗng giảm và kích thước hạt tăng. Cát bột và bùn có độ rỗng cao thì có vận tốc truyền sóng thay đổi từ 1460 đến 1600 m/s. Cát hạt thô tuổi Đệ tứ có độ rỗng thấp có thể có vận tốc đạt tới 1800 m/s. Ở Việt Nam, tốc độ truyền sóng âm trong trầm tích Đệ tứ thường sử dụng giá trị 1700 m/s.

Trong luận giải mặt cắt địa chấn nói chung, mặt cắt địa chấn nông phân giải cao nói riêng, người ta sử dụng đặc trưng trường sóng và các ranh giới bất chỉnh hợp để phân tích mặt cắt địa chấn dựa trên mô hình địa tầng phân tập, gọi là phương pháp địa chấn - địa tầng. Trên cơ sở đó, dựa vào mặt cắt địa chấn, ta có thể phân tích được các ranh giới địa chất, dự đoán được thành phần thạch học, các đặc điểm địa mạo như dấu hiệu lòng sông cổ, các cấu trúc phát triển của sông,... và khôi phục lại được lịch sử phát triển địa chất của khu vực ở giai đoạn mặt cắt địa chấn có thể với tới. Trên mặt cắt địa chấn phản xạ nông phân giải cao, người ta có thể phân chia được các lớp đất đá có chiều dày 1-2 m nằm trong lát cắt, phát hiện được các đứt gãy kiến tạo có biên độ dịch chuyển từ 1 m trở lên và có thể nghiên cứu được các đới uốn nếp có chiều dài 20-25 m và biên độ 2-4 m.

III. HIỆU QUẢ ÁP DỤNG ĐỊA CHẤN PHẢN XẠ NÔNG PHÂN GIẢI CAO TRÊN BIỂN

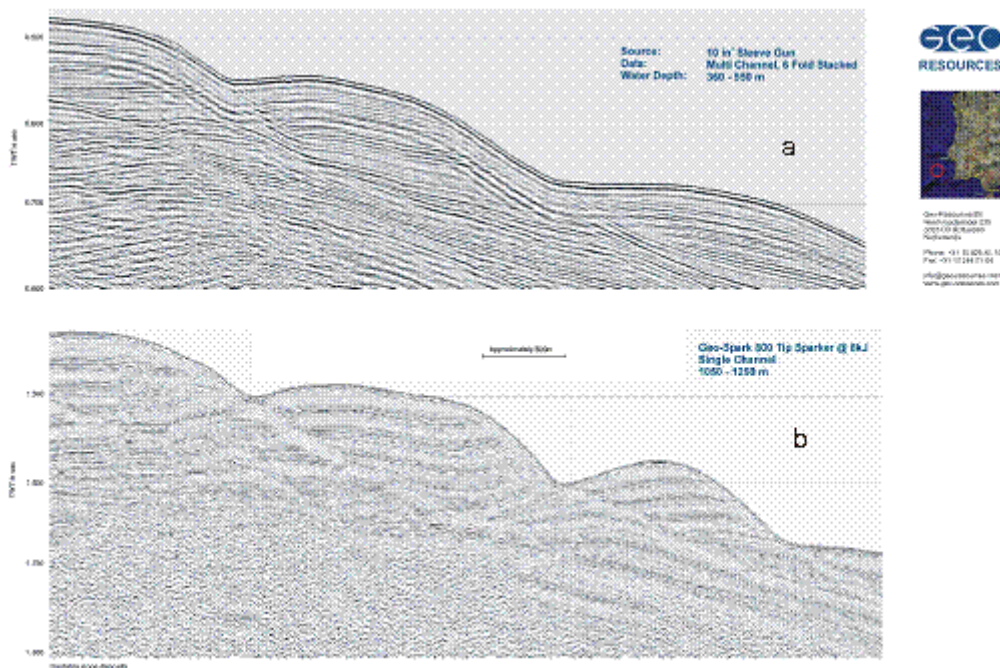
Phương pháp địa chấn nông phân giải cao đã được áp dụng rộng rãi trên vùng biển của nhiều nước trên thế giới như: Anh, Pháp, Hà Lan, Trung Quốc, Đài Loan, Hàn Quốc,... từ những thập niên cuối của thế kỷ XX, để nghiên cứu địa chấn tầng nông cũng như nghiên cứu điều kiện địa chất công trình ở các khu vực biển ven bờ, khu vực cửa sông. Dưới đây là một số kết quả khảo sát

của các hệ thống địa chấn nông phân giải cao của hãng Geo-Resources (Hà Lan) trên một số khu vực trên thế giới (Hình 6, 7, 8).

Hình 6 cho thấy độ phân giải khác nhau của hai nguồn phát Airgun và Sparker khảo sát trong cùng khu vực ở Bò Đào Nha (tuy không cùng trên một tuyến khảo sát). Trên mặt cắt, ta có thể quan sát thấy mặt cắt phía dưới đo bằng nguồn Sparker cho độ phân giải cao hơn so với đo bằng nguồn Airgun, vì nguồn Sparker tạo ra xung sóng có tần số cao hơn nguồn Airgun. Hai mặt cắt được xử lý lọc tần số qua khuếch đại và muting. Nguồn phát được sử dụng là nguồn phát Geo-Spark 10 kJ phát ở công suất 8 kJ, chu kỳ phát sóng 3 s, thời gian quét dữ liệu 2000 ms.

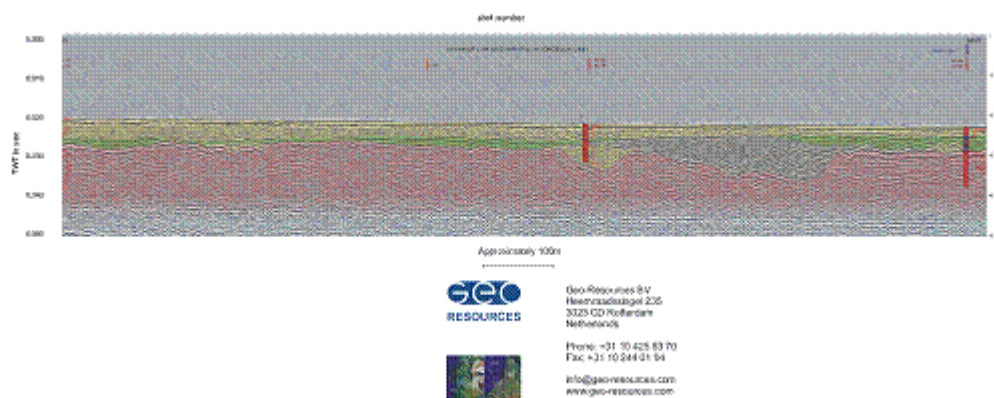
Hình 7 là mặt cắt địa chấn nông phân giải cao cho phép nhìn thấy rõ các tập trầm tích hạt mịn phủ trên các trầm tích hạt thô hơn nằm dưới do đào khoét lòng sông, và đặc biệt là có thể quan sát cấu trúc lấp đầy kênh của trầm tích một cách rõ nét ở độ sâu nước 15-20 m. Mặt cắt được thực hiện bằng nguồn phát Sparker Geo-Spark 200 với công suất 300 J, chu kỳ phát dao động 1,25 s, thời gian ghi dữ liệu 200 ms.

Từ những năm 90 của thế kỷ XX đến nay, phương pháp địa chấn phản xạ nông phân giải cao đã được đưa vào áp dụng để khảo sát mặt cắt địa chất nằm sát đáy biển dọc đới biển nông ven bờ và khu vực ngập nước quanh các đảo thuộc quần đảo Trường Sa của Việt Nam. Các đề tài nghiên cứu khoa học của các GS. Trần Nghi, Phạm Năng Vũ, Bùi Công Quế, Mai Thanh Tân và TS. Tăng Mười đã sử dụng trạm đo địa chấn nông phân giải cao và đạt được nhiều kết quả. Đặc biệt, các đề án sản xuất của Trung tâm Địa chất và Khoáng sản Biển trong gần 20 năm (từ năm 1991 đến nay) đã khảo sát hàng nghìn km tuyến địa chấn nông phân giải cao trên thềm lục địa Việt Nam ở các tỷ lệ khác nhau (1:100.000 và 1:500.000) cũng đã đem lại những kết quả tốt phục vụ cho nghiên cứu trầm tích Đệ tứ nằm sát đáy biển.

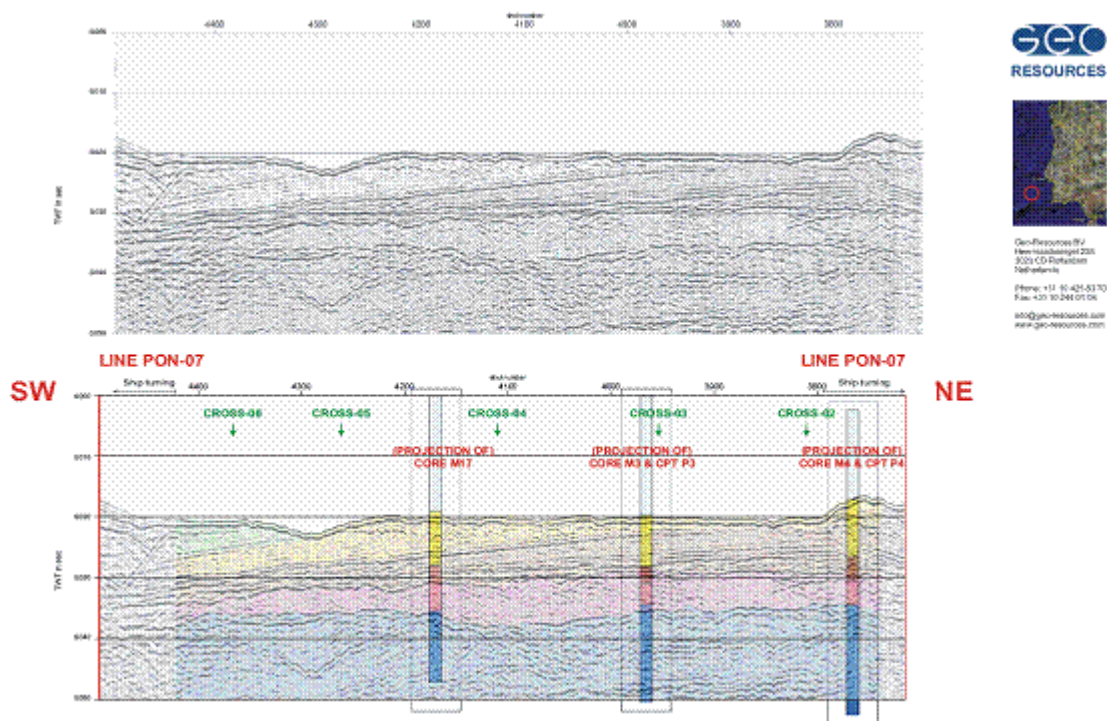


Hình 6. Mặt cắt địa chấn nông phân giải cao đo tại Bò Đào Nha, 2003, của hãng Geo-Resources.

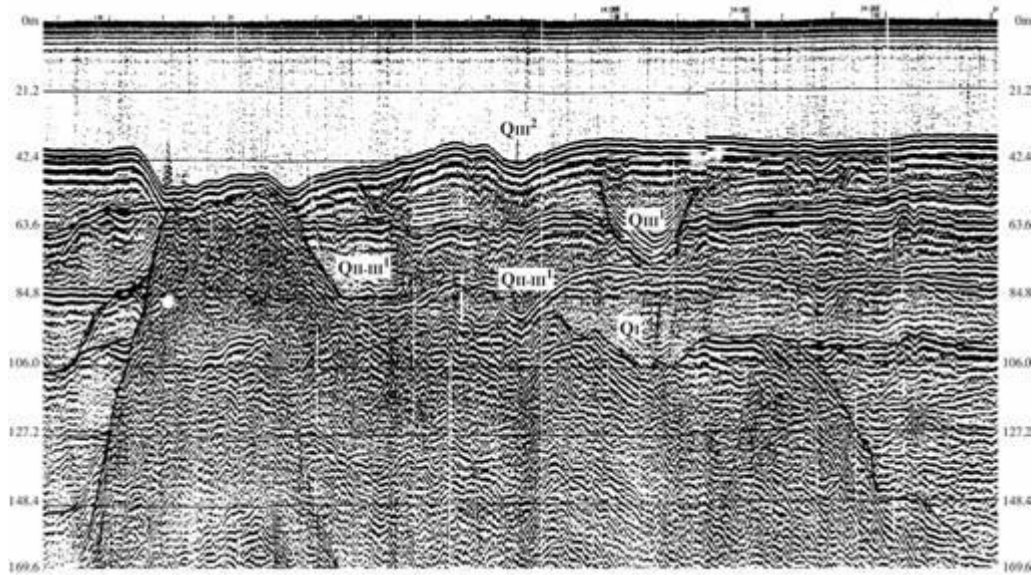
- a. Nguồn phát Airgun Sleeve gun 10 in³, đa kênh, độ sâu nước 360-550 m;
- b. Nguồn phát Sparker Geo-Spark, 800 cặp cực, đơn kênh, độ sâu nước 1050-1250 m.



Hình 7. Mặt cắt địa chấn nông phân giải cao đo tại Naples, Italia của hãng Geo-Resources.

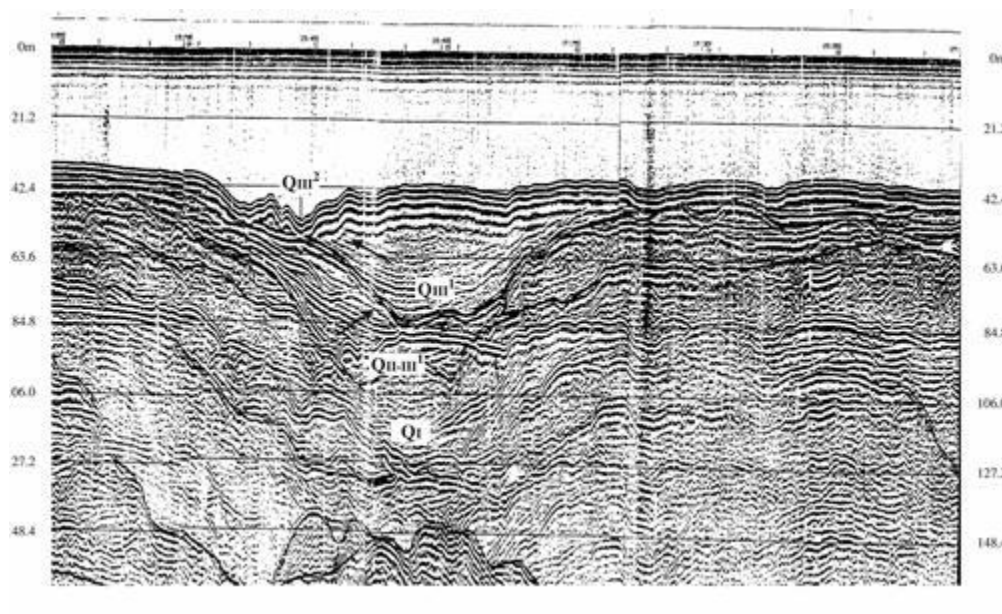


Hình 8. Mặt cắt địa chấn nông phân giải cao đo tại Hà Lan của hãng Geo-Resources.



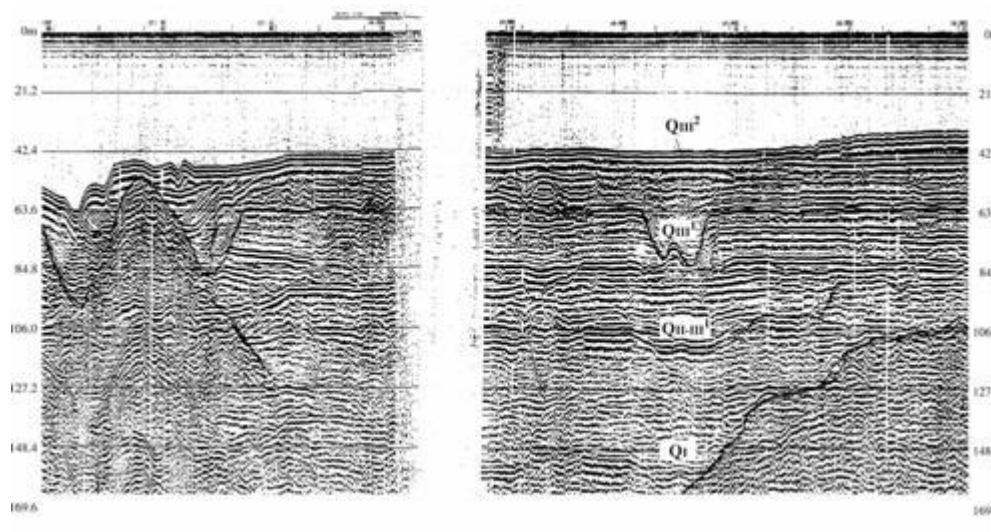
Hình 9. Mặt cắt địa chấn nông phân giải cao tuyến 53 vùng biển Tây Nam [1].

Trên mặt cắt này, quan sát được các lòng sông cổ. Các tập trầm tích biển là sét bột, đặc trưng bởi trường sóng song song và đồng nhất. Tập trầm tích hạt mịn (bột, sét) ở đây phản ánh năng lượng môi trường thấp xuất hiện trong giai đoạn biển tiến: bãi bồi sông (đồng bằng bồi tích), bãi bồi châu thổ, vũng vịnh, biển nông, v.v..



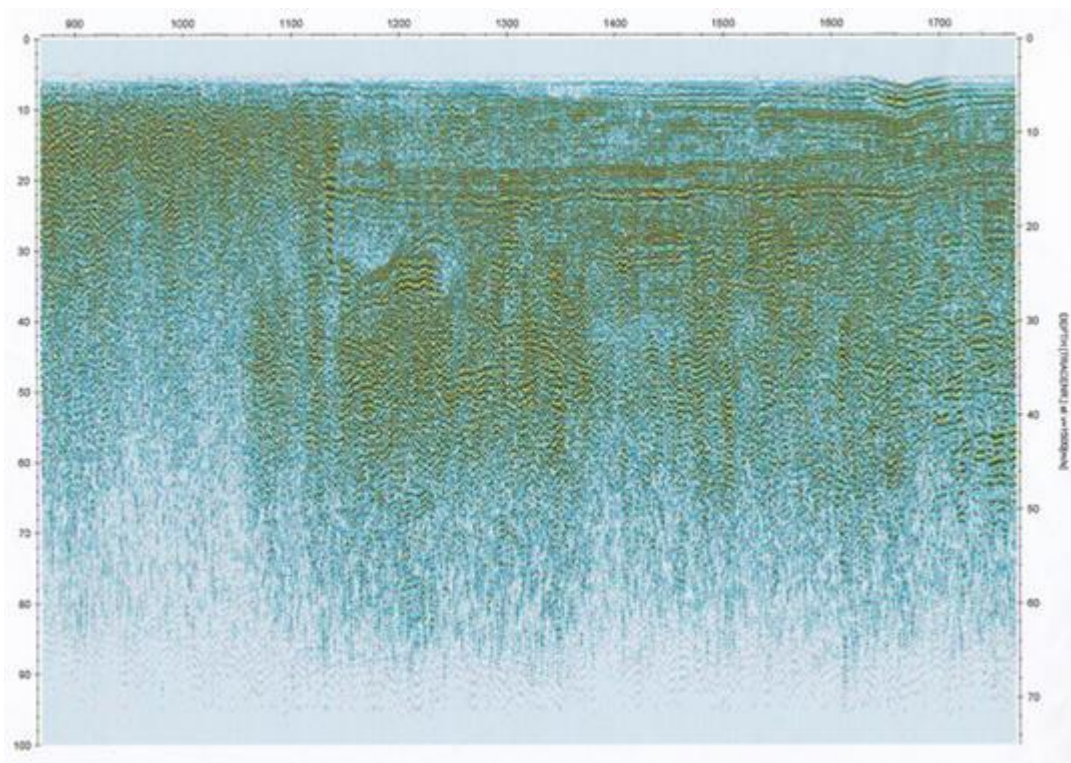
Hình 10. Mặt cắt địa chấn nông phân giải cao tuyến 13 vùng biển Tây Nam [1].

Ở đây, ta thấy được các thể hệ lòng sông cổ chuyển dịch từ phải sang trái qua các thời kỳ khác nhau. Dấu hiệu lòng sông cổ và lạch triều phát triển trong phần dưới của một chu kỳ tương ứng với thời kỳ biển lùi lục địa mở rộng hoạt động của sông thẳng thể. Trong mặt cắt địa chấn thấy rõ phân lớp xiên lòng sông.



Hình 11. Mặt cắt địa chấn nông phân giải cao tuyến vùng biển Tây Nam (Nam Du) [1].

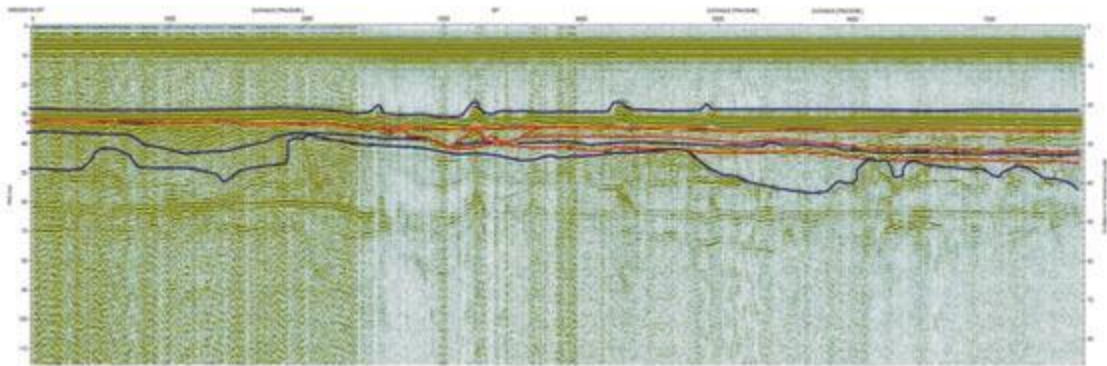
Trên mặt cắt này thấy rõ các chu kỳ trầm tích và lòng sông cổ tương ứng với 4 pha biển lùi và 4 pha biển tiến. Các tập trầm tích biển (sét, bột) được đặc trưng bởi trường sóng đồng nhất, song song đồng hướng, phản xạ trung bình. Chiều dày của mỗi tập trầm tích trên dao động trong giới hạn từ 20 đến 25 m.



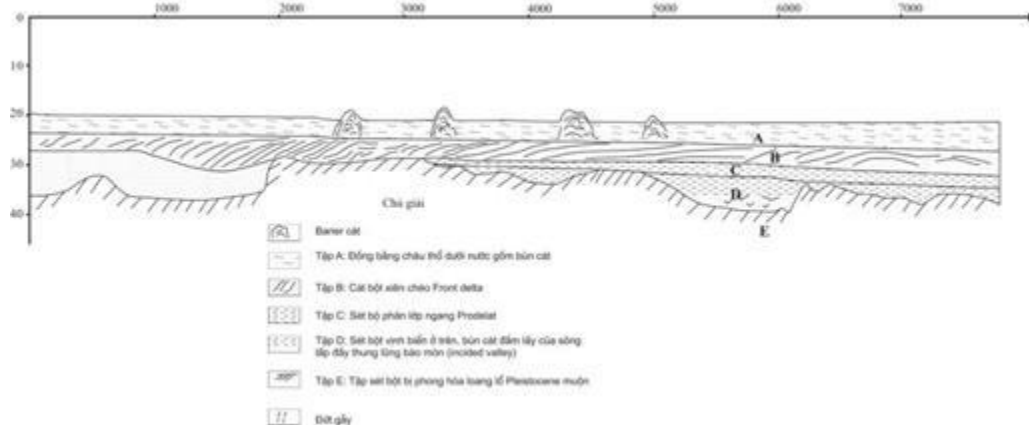
Hình 12. Mặt cắt địa chấn nông phân giải cao của sông Cẩm, Hải Phòng, 4/2009.

Trên mặt cắt dọc theo lòng sông Cẩm, quan sát được chủ yếu các tập trầm tích sét, bột, đặc trưng bởi trường sóng đồng nhất, phản xạ yếu hoặc phân lớp mỏng nằm ngang, nằm xen kẽ với các tập trầm tích cát, bột lòng sông lấp đầy các trũng đào khoét lòng sông. Chiều dày của mỗi tập

trầm tích trên dao động trong giới hạn từ 10 đến 30 m. Mặt cắt được sử dụng nguồn phát Geo-Spark 200, công suất 500 J.



Hình 13. Mặt cắt địa chấn tuyến S5-S6 tây nam cửa Cung Hầu và cửa Trà Vinh, 2007.



Hình 14. Mặt cắt địa chấn - địa chất tuyến S5-S6 tây nam cửa Cung Hầu và cửa Trà Vinh, 2007.

Mặt cắt địa chất dọc tuyến S5-S6 nằm ở tây nam cửa Cung Hầu trên địa phận tỉnh Trà Vinh có chiều dài khoảng 10 km ở độ sâu đáy biển khoảng 23 m. Mặt cắt địa chất dọc tuyến này gồm các tập:

- **Tập A:** có trường sóng phân lớp nằm ngang liên quan đến các thành tạo aluvi của đồng bằng delta dưới nước. Tập này có chiều dày khoảng 5 m.

- **Tập B:** được đặc trưng bởi trường sóng xiên, đôi chỗ có các bề mặt phản xạ uốn cong đặc trưng cho cấu tạo cửa sông châu thổ mặt trước (front delta). Tập này chủ yếu là các thành tạo hạt thô, cát bột, tuy nhiên không loại trừ ở một số nơi có các thành tạo mịn hơn, sét bột nằm ở rìa đối châu thổ mặt trước.

Nằm lót tập B là tập C có trường sóng phân lớp nằm ngang khá ổn định và được xếp vào tập tiền châu thổ (prodelta). Chiều dày của tập này dao động từ 3 đến 5 m.

Nằm dưới tập C là tập D lấp đầy các thung lũng bào mòn.

Các mặt cắt địa chấn thu thập được ở trên cho thấy là, trên các mặt cắt địa chấn nông phân giải cao đo ở Việt Nam bằng các thiết bị hiện có đều có khả năng xác định ranh giới các tập địa chất

trong Đệ tứ, cho phép dự đoán được thành phần thạch học và các chu kỳ phát triển trầm tích ở khu vực biển Việt Nam, độ sâu nghiên cứu có thể đạt tới 300-400 m, độ phân giải đứng có thể đạt tới vài mét. Tuy nhiên, chất lượng của tài liệu so với tài liệu của nước ngoài chưa cao, độ phân giải để xác định cấu trúc bên trong các tập trầm tích còn thấp, chưa xác định được rõ cấu trúc để áp dụng phương pháp địa chấn - địa tầng một cách có hiệu quả cao hơn, đưa ra các dự đoán về đặc trưng trầm tích chính xác hơn.

KẾT LUẬN

1. Phương pháp địa chấn nông phân giải cao cho phép nghiên cứu mặt cắt địa chất tầng nông, được áp dụng ở giai đoạn đầu trong nghiên cứu địa chất, phục vụ việc khảo sát và tìm kiếm các mỏ khoáng sản, nghiên cứu trầm tích, các hoạt động kiến tạo trẻ và hiện đại, cung cấp số liệu cho các dự án công trình bờ biển và ngoài khơi, như xây dựng cảng biển, xây lắp giàn khoan, nạo vét lòng sông, lấp đặt đường ống, ...

2. Phương pháp địa chấn nông phân giải cao có thể giúp phân chia mặt cắt địa chất thành các tập trầm tích có chiều dày một vài chục mét, hình thành trong những môi trường trầm tích khác nhau, và còn có khả năng giúp phát hiện các lớp mỏng có chiều dày một vài m.

3. Kết quả thu nỏ địa chấn nông phân giải trong quá trình đo phụ thuộc vào nhiều yếu tố khách quan, như con người, thời tiết, trang thiết bị trên tàu... đòi hỏi người vận hành thiết bị phải có kinh nghiệm, kiến thức tổng hợp về địa chấn nông phân giải cao cũng như về mặt địa chất, để cài đặt thông số và vận hành thiết bị đạt hiệu suất cao, thu được tài liệu có chất lượng cao.

VĂN LIỆU

1. CCOP, 1995. Shallow seismic reflection profiles from the waters of East and Southeast Asia: An interpretation manual and atlas. *CCOP*.

2. Mai Thanh Tân (Chủ biên), 2000. Báo cáo tổng kết Đặc điểm tướng đá - cổ địa lý Pliocen - Đệ tứ thềm lục địa Việt Nam và vùng kế cận. *Chương trình nghiên cứu biển KHCN 06-1. Hà Nội*.

3. Phạm Năng Vũ, 2001. Kết quả áp dụng địa chấn khảo sát phần ngập nước quanh một số đảo thuộc quần đảo Trường Sa. *Tuyển tập CTKH Đại học M-ĐC, 35/09. Thư viện Đại học M-ĐC, Hà Nội*.

4. Phạm Năng Vũ, Nguyễn Trần Tân, 2004. Khả năng áp dụng địa chấn nông phân giải cao để nghiên cứu chi tiết mặt cắt địa chất Đệ tứ khu vực biển và đồng bằng Nam Bộ. *TC Địa chất, A/284 : 37-46. Hà Nội*.

5. Trần Nghi, Mai Thanh Tân, Đinh Xuân Thành, Nguyễn Thanh Lan, Trần Thị Thanh Nhân, 2005. Đặc điểm tướng đá - cổ địa lý và lịch sử phát triển địa chất Pliocen - Đệ tứ thềm lục địa Đông Nam Việt Nam. *Tuyển tập báo cáo HNKH 60 năm Địa chất Việt Nam, 140-153. Cục Địa chất và Khoáng sản Việt Nam, Hà Nội*.

6. Trần Nghi, 2005. Trầm tích biển. *Nxb Đại học QG Hà Nội, Hà Nội*.