

## HỢP TÁC VIỆT - NGA TRONG CHẾ TẠO VÀ THỬ NGHIỆM MÁY THĂM DÒ ĐIỆN TỔ HỢP TEC-2 PHỤC VỤ KHẢO SÁT MÔI TRƯỜNG ĐỊA CHẤT TẦNG NÔNG

**Đỗ Huy Cường\***, **Bùi Thị Bảo Anh**, **Nguyễn Thị Nhân**,  
**Nguyễn Xuân Tùng**, **Phạm Đức Hùng**, **Nguyễn Xuân Thành**

*Viện Địa chất và Địa vật lý biển-Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam*

\*E-mail: [dohuycuong\\_hanoi@yahoo.com](mailto:dohuycuong_hanoi@yahoo.com)

Ngày nhận bài: 15-4-2015

**TÓM TẮT:** Máy đo điện tổ hợp TEC-2 (Tomography Electric Complex-2) được thiết kế, lắp ráp và thử nghiệm tại Viện Địa chất và Địa vật lý biển là sản phẩm hợp tác khoa học giữa phòng Địa từ điện của Viện Hàn lâm Khoa học Nga chi nhánh Viễn Đông (POI) và phòng Địa môi trường thuộc Viện Địa chất và Địa vật lý biển (IMGG). Kết quả đo thử nghiệm máy TEC-2 cho thấy khả năng đo tổ hợp nhiều phương pháp trên hệ điện cực bố trí sẵn, thời gian đo nhanh, độ ổn định của kết quả đo cao, độ chính xác giữa hai lần đo đạt trên 92%. Các thiết kế hệ điện cực, thao tác đo, chọn tham số được lập trình và điều khiển tự động bằng máy tính. Máy TEC-2 đã được sử dụng để nghiên cứu các đới cấu trúc yếu thuộc các đảo san hô Song Tử Tây, Con Ca, Nam Yết và Sinh Tôn thuộc quần đảo Trường Sa và môi trường địa chất tầng nông khu vực ven bờ Sông Hồng khu vực Sơn Tây, Hà Nội. Các kết quả thu thập được đã đóng góp một phần quan trọng cho sự thành công của đề tài nghiên cứu do Viện Địa chất và Địa Vật lý biển chủ trì thuộc Chương trình Biển Đông và Hải đảo giai đoạn 2011 - 2013 và đề tài cấp Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam giai đoạn 2013 - 2014.

**Từ khóa:** Máy đo điện tổ hợp, điều khiển tự động, hệ điện cực, chọn tham số.

### MỞ ĐẦU

Theo thỏa thuận hợp tác giai đoạn 2010 - 2015 giữa Viện Địa chất và Địa vật lý biển và Viện Hải dương học Thái Bình Dương, phòng thí nghiệm về địa chất và địa vật lý hợp tác Việt Nga đã được thành lập từ năm 2011. Trên cơ sở của thỏa thuận hợp tác này, phòng Địa Môi trường thuộc IMGG và phòng nghiên cứu địa từ điện thuộc POI đã tiến hành hợp tác chế tạo và thử nghiệm thiết bị khảo sát địa vật lý biển. Chúng tôi đã lựa chọn thiết bị khảo sát địa điện làm cơ sở cho hợp tác nói trên. Máy thăm dò điện TEC-2 đã được các chuyên gia về điện từ và địa vật lý của IMGG và POI hợp tác chế tạo và thử nghiệm thành công và có các tính năng thu thập và xử lý số liệu ưu việt tương tự

như các sản phẩm cùng loại do Canada sản xuất [1-3].

Trong khuôn khổ của hợp tác này, phần thiết kế mạch điện lý thuyết do các chuyên gia của POI thực hiện, phần chế tạo các bản mạch và lắp ráp thành bộ máy hoàn chỉnh được thực hiện tại phòng thí nghiệm hợp tác Việt Nga về địa chất và địa vật lý đặt tại IMGG. Các công tác lựa chọn bản mạch thô, in hình và vẽ tạo mạch điện bằng phương pháp ăn mòn kim loại, khoan chân linh kiện, lắp ráp linh kiện và hàn kết nối vào cáp đa lõi đã được nhân viên của phòng Địa môi trường thực hiện trực tiếp. Phần mềm điều khiển hệ thiết bị và xử lý số liệu được các chuyên gia POI cài đặt và có hướng dẫn sử dụng chi tiết.

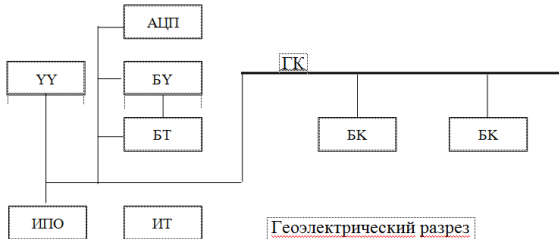
Máy TEC-2 có khả năng đo tự động theo sự điều khiển của chương trình máy tính đã lập. Các phương pháp bố trí hệ điện cực đo theo hệ đo sâu, gradient, lưỡng cực, ... được lập trình và thực hiện nhanh với độ chính xác cao. Trong khuôn khổ của hợp tác này, chúng tôi đã thiết kế để hệ máy TEC-2 có thể đo tổ hợp 32 cực theo thiết kế nguồn phát cực đại và hạn chế nhiều tối đa, khoảng cách AB lớn nhất là 93 mét (giai đoạn 2011 - 2013) và 155 mét (giai đoạn 2013 - 2014). Do giới hạn thiết kế nguồn phát và công suất của mạch tích hợp, khoảng cách giữa các điện cực khi sử dụng TEC-2 không vượt quá 5 mét.

## CẤU TRÚC VÀ NGUYÊN LÝ MÁY THĂM ĐÒ ĐIỆN TỔ HỢP TEC-2

### Cấu trúc và nguyên lý hoạt động

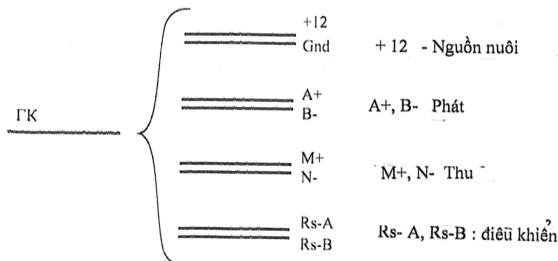
#### Khối điều khiển (YY)

Bộ điều khiển chia thực hiện truyền mệnh lệnh nhận được từ công song song của máy tính sang khối chia và bộ điều khiển nguồn (hình 1). Bộ điều khiển chia điều khiển khối chia thông qua công song song (LPT) gồm 19 đường truyền theo chuẩn RS-485.



Hình 1. Sơ đồ khối thiết bị

#### Khối chia (БК)



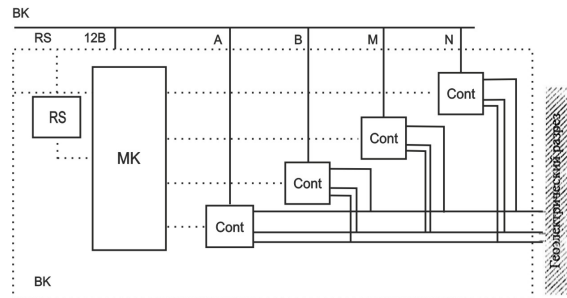
Hình 2. Cấu trúc cáp chia (ГК)

Đảm bảo việc kết nối các điện cực với 1 trong 4 đường truyền chuẩn là đường phát và

đường đo dương và âm. Khối chia kết nối với nhau bằng cáp chia 8 kênh (ГК) (hình2).

Các giá trị phát và thu được thực hiện bởi bộ biến đổi tương tự số, kết nối khối АЦП với YY thông qua công nối tiếp (COM). Nguồn ЭДС - nối tới các điện cực. Bộ điều khiển nguồn nuôi ЭДС trong máy КЭТ-2 đảm bảo nguồn được cấp ổn định. Nguồn nuôi chung của thiết bị (ИПО) để nuôi máy tính, АЦП E-24, các vi mạch điều khiển, các bộ điều khiển nhóm phát và chia.

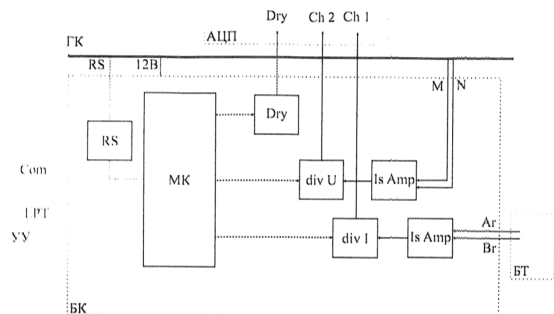
Phần chính của БК là bộ vi điều khiển (МК). Với cáp ГК, giao tiếp RS-485, vi điều khiển МК nhận lệnh từ YY. Phụ thuộc vào mệnh lệnh mà МК nối điện cực với 1 trong các đường dây của cáp chính (A, B, M hay N) thông qua bộ công tắc (Cont). Bộ chia được cấp nguồn nuôi theo các lõi nằm trong cáp chính.



Hình 3. Cấu trúc khối chia (БК)

#### Cấu tạo khối điều khiển (БУ)

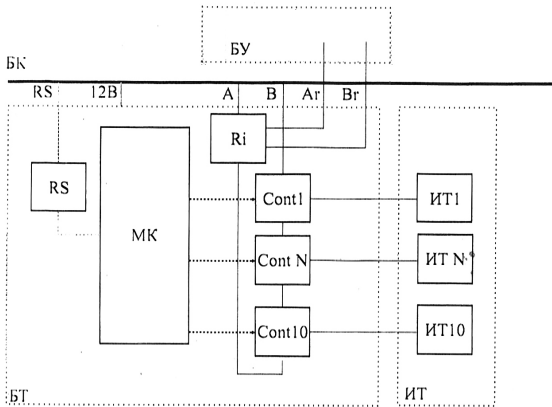
Phần chính của БУ là bộ vi điều khiển МК thực hiện điều khiển bộ АЦП, bộ chia thế (Div U), cấp chính đa kênh, bộ khuếch đại (Is Amp); bộ chia dòng (Div I), bộ điều khiển nguồn ЭДС (ИТ). Các nguồn cung cấp được thông qua cáp chính.



Hình 4. Bộ điều khiển (БУ)

### Cấu tạo khối điều khiển nguồn (BT)

Phần chính của bộ điều khiển nguồn (BT) là một bộ vi xử lý điều khiển MK nhận lệnh từ YY qua bộ truyền RS-485. Phụ thuộc vào lệnh nhận được, vi điều khiển MK nối nguồn vào đường AB thông qua công tắc (Cont). Nguồn nuôi các thành phần trong BT được thực hiện qua cáp chính.



Hình 5. Sơ đồ bộ điều khiển nguồn (BT)

### Quy trình tương tác giữa các khối của thiết bị TEC-2

#### Đường truyền dữ liệu của thiết bị TEC-2

Các lệnh từ YY tới bộ biến đổi tương tự - số qua cổng COM (chuẩn RS-232). Các lệnh từ YY tới khối điều khiển BV đi qua cổng LPT. Ở đây, vi điều khiển BV hoặc thực hiện lệnh hoặc thông qua chuẩn giao tiếp RS-485 truyền lệnh đến bộ điều khiển nguồn và các khối chia.

Tương tác giữa chương trình điều khiển và các khối chia được thực hiện theo lệnh kết nối điện cực. Lệnh kết nối điện cực của đường phát AB và thu MN được chương trình điều khiển phát ra qua cổng LPT. Bộ điều khiển chia thực hiện việc truyền lệnh lấy được từ cổng song song của máy tính sang các khối chia và bộ điều khiển nhóm nguồn.

#### Các tệp dữ liệu của hệ thiết bị

Chế độ làm việc của thiết bị được điều khiển từ máy tính thông qua tham số trong 3 phai điều khiển chính là `measur.cfg`, `operation.geo` và `operation.con`. Các phai này quy định đặc tính chung của thiết bị, đặc tính

riêng của hệ đo (tần số, thời gian, tọa độ); Thông số hình học thiết bị; tham số thiết kế hệ thiết bị khảo sát. Kết quả đo được lưu trữ vào tệp có khuôn dạng chuyên biệt TEC-2.rez. Giữa các trường BEGIN và END chứa các kết quả đo thế, thực hiện trên đường AB, MN và trên các điện trở của bộ chia R2. Các phép đo tiến hành liên tục tương ứng với khoảng thời gian kết nối điện cực trên đường AB và MN.

### KẾT QUẢ ĐO THỬ NGHIỆM VÀ THỰC TẾ

#### Các khối điều khiển chính của thiết bị TEC-2



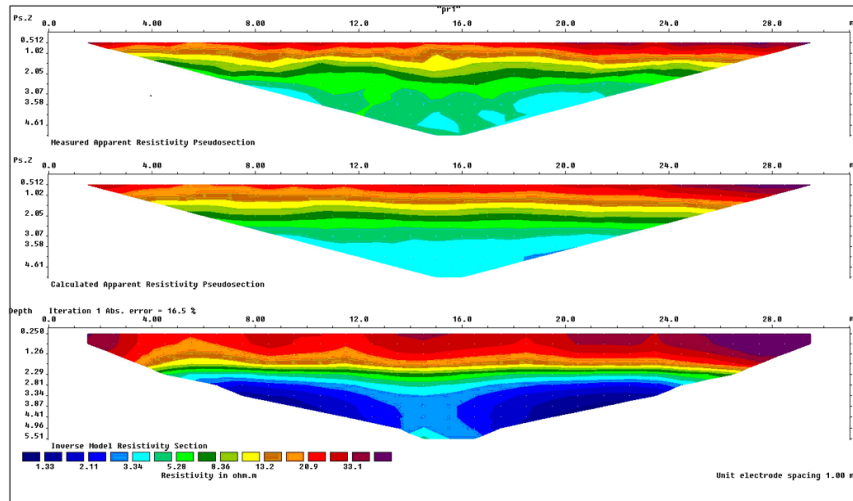
Hình 6. Các hình ảnh thiết bị và khảo sát thử nghiệm máy đo điện TEC - 2

Chúng tôi đã tiến hành thử nghiệm sự hoạt động từng hợp phần của máy khảo sát trong phòng thí nghiệm và ngoài thực địa. Các kết quả thu được cho thấy sự hoạt động của máy là ổn định và sai số thấp (1 - 3% trong phòng thí nghiệm). Tuyến đo thử nghiệm được thực hiện trong khu vực có thiết kế lỗ khoan địa chất công trình và kết quả khảo sát địa điện cho thấy lát cắt tham số địa chất địa vật lý hoàn toàn phù hợp với môi trường địa chất thực tế. Một số hình ảnh về thiết bị và khảo sát thử nghiệm máy đo điện TEC - 2 được thể hiện trong hình 6.

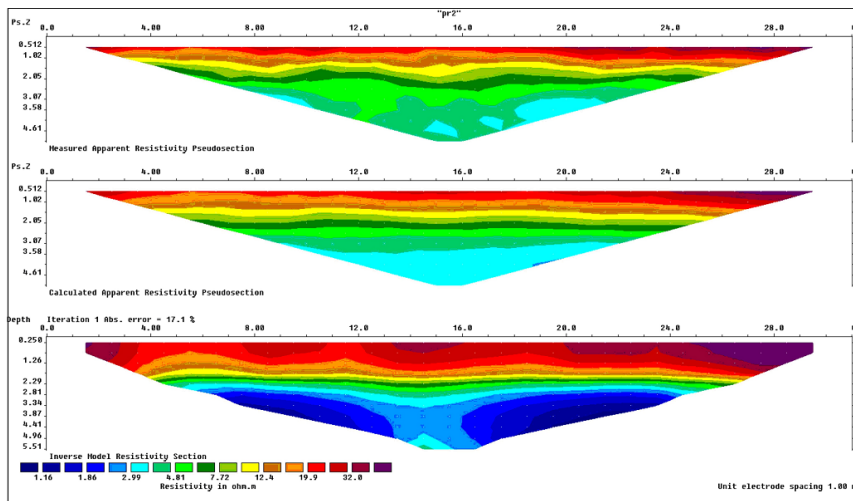
### Kết quả đo thử nghiệm

Tuyến đo thử nghiệm được lựa chọn tại khu vực nền của Viện Sinh thái và Tài nguyên Sinh vật thuộc Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam. Hệ thiết bị thiết kế theo phương pháp đo sâu đối xứng, các điện cực được lựa chọn cách nhau 1 mét, khoảng cách AB lớn nhất đạt 30 mét. Các kết quả xử lý sơ

bộ cho thấy sự phù hợp về môi trường minh giải địa chất địa vật lý vì đã xác định được đáy ao bị san lấp ở khu vực này tại độ sâu khoảng 2,8 - 3 mét. Kết quả minh giải lát cắt địa chất địa vật lý đo lần 1 được thể hiện tại hình 7 và kết quả đo lần 2 được thể hiện tại hình 8. Hai số liệu thu thập tại cùng một vị trí ở hai lần đo đọc lặp cho thấy độ ổn định của hệ máy đo TEC-2.



Hình 7. Kết quả đo thử nghiệm lần 1 (thời gian 11 h 30', ngày 29/5/2011)



Hình 8. Kết quả đo thử nghiệm lần 2 (thời gian 11 h 45', ngày 29/5/2011)

### Kết quả đo thực tế tại đảo Song Tử Tây thuộc khu vực Quần đảo Trường Sa

Tại khu vực các đảo san hô nổi thuộc khu vực quần đảo Trường Sa, phân đảo nổi có độ

cao so với mực nước biển từ 3,5 mét đến 6 mét. Chúng tôi đã tiến hành đo tham số điện trở suất (bảng 1) tại một số khu vực có lỗ khoan và khảo sát trên diện rộng toàn khu vực đảo. Kết quả xử lý tuyến đo tại đảo Sơn Ca được thể

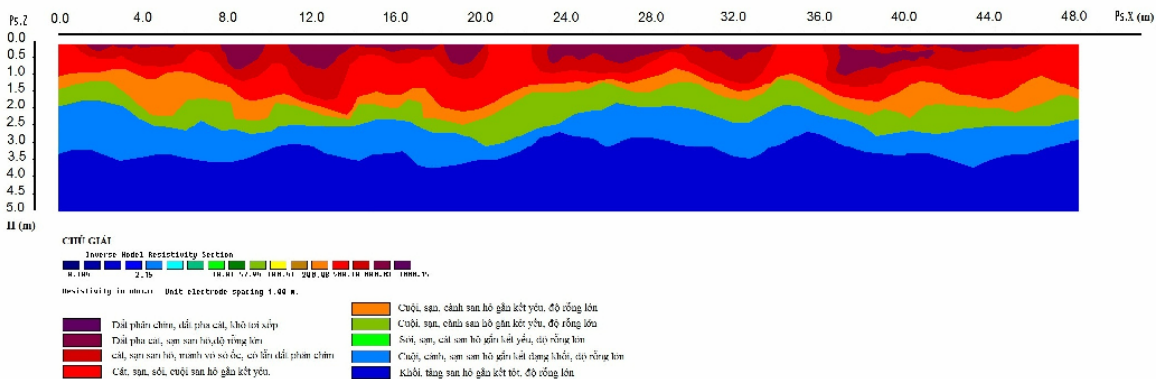
hiện tương ứng trên các hình 9. Trên lát cắt địa chất địa vật lý có thể thấy rõ sự phân bố của các lớp đất phân chim, cát sạn san hô, san hô cuội sỏi, san hô gắn kết yếu và tầng san hô gắn

kết khối ngâm nước. Các kết quả sau minh giải cho thấy sự tương đồng về sự phân bố theo độ sâu của các lớp đất đá và các thông tin địa tầng từ các lỗ khoan địa chất công trình hiện có.

**Bảng 1.** Kết quả đo tham số điện trở suất (đảo Sơn Ca)

Độ sâu (m)	Ký hiệu phân tầng	Điện trở suất TB ( $\Omega m$ )	Mô tả đất đá
0 - 0.5		$\rho_{max} = 1200$ $\rho_{min} = 780$ $\rho_{tb} = 800$	Thành phần: Đất phân chim, đất pha cát Màu sắc: nâu vàng, nâu sẫm
0.5 - 1.0		$\rho_{max} = 520$ $\rho_{min} = 320$ $\rho_{tb} = 400$	Thành phần: cát, sạn san hô, mảnh vỏ sò ốc, có lẫn đất phân chim Màu sắc: nâu vàng, nâu sẫm
1.0 - 3.5		$\rho_{max} = 280$ $\rho_{min} = 160$ $\rho_{tb} = 180$	Thành phần: cát, sạn, sỏi, cuội san hô gắn kết yếu. Màu sắc: vàng nhạt, vàng nâu
3.5 - 4.5		$\rho_{max} = 58$ $\rho_{min} = 8$ $\rho_{tb} = 21$	Thành phần: Cuội, sạn, càn san hô gắn kết yếu, độ rỗng lớn Màu sắc: trắng đục, trắng xám
4.5 - 6.0		$\rho_{max} = 12$ $\rho_{min} = 2$ $\rho_{tb} = 5$	Thành phần: Cuội, càn, sạn san hô gắn kết yếu. Tầng san hô gắn kết yếu, độ rỗng lớn, Màu sắc: trắng đục
6.0 - 7.0		$\rho_{max} = 2$ $\rho_{min} = 1$ $\rho_{tb} = 1$	Thành phần: Khối, tầng san hô gắn kết tốt, độ rỗng lớn Màu sắc: trắng đục,

Tên tuyến: SơnCa-05-11-Ph1

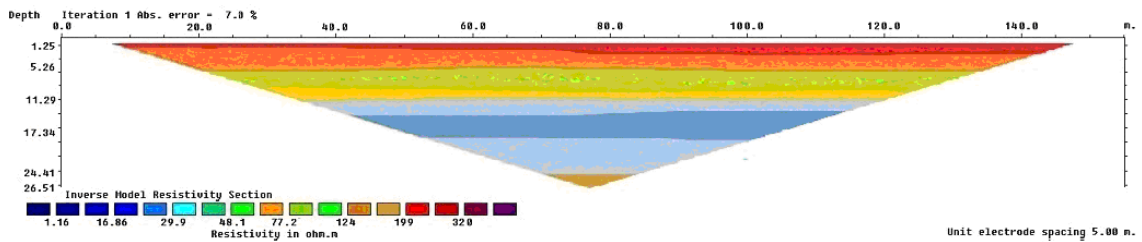


**Hình 9.** Kết quả đo trên đảo Sơn Ca (năm 2011)

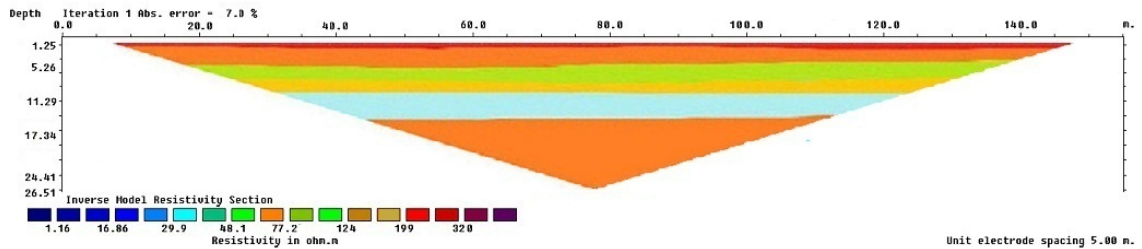
### Kết quả đo thực tế ven bờ Sông Hồng khu vực Sơn Tây, Hà Nội

Tại khu vực Sơn Tây, Hà Nội các mặt cắt minh giải địa chất địa vật lý tương ứng với tuyến khảo sát đã được sử lý (hình 10, hình 11). Môi trường địa chất tầng nông tại đây được chia thành 6 lớp và tham số điện trở suất tương ứng được mô tả trong bảng 2. Trong đó, lớp 1 gồm đất trồng trọt, cát, sét hạt mịn khô, giá trị điện trở suất trung bình là 209  $\Omega\text{m}$ ; lớp 2 gồm cát sét

hạt mịn, giá trị điện trở suất trung bình là 172  $\Omega\text{m}$ ; lớp 3 gồm cát sét hạt mịn, độ ẩm cao, giá trị điện trở suất trung bình là 121  $\Omega\text{m}$ , lớp 4 gồm cát pha sét màu nâu vàng, trạng thái cứng, giá trị điện trở suất trung bình khoảng 70  $\Omega\text{m}$ ; lớp 5 gồm sét pha cát trạng thái dẻo cứng, giá trị điện trở suất trung bình là 49  $\Omega\text{m}$ ; lớp 6 gồm cát hạt nhỏ, màu xám ghi, độ ẩm cao, chặt vừa, giá trị điện trở suất trung bình khoảng 30  $\Omega\text{m}$ ; lớp 6 gồm cát, bột kết màu xám nâu, giá trị điện trở suất trung bình khoảng 80  $\Omega\text{m}$ .



Hình 10. Kết quả đo đới bờ Sông Hồng khu vực Sơn Tây, Hà Nội - 1 (năm 2014)



Hình 11. Kết quả đo đới bờ Sông Hồng khu vực Sơn Tây, Hà Nội - 2 (năm 2014)

Bảng 2. Kết quả đo tham số điện trở suất (Sơn Tây, Hà Nội)

Độ sâu (m)	Ký hiệu phân tầng	Điện trở suất TB ( $\Omega\text{m}$ )	Mô tả đất đá
1.25		$\rho_{\text{max}} = 223$ $\rho_{\text{min}} = 178$ $\rho_{\text{tb}} = 209$	Đất trồng trọt, cát sét hạt mịn khô màu vàng nâu
3.75		$\rho_{\text{max}} = 183$ $\rho_{\text{min}} = 157$ $\rho_{\text{tb}} = 172$	Cát sét hạt mịn khô màu nâu vàng
6.25		$\rho_{\text{max}} = 168$ $\rho_{\text{min}} = 79$ $\rho_{\text{tb}} = 121$	Cát, sét hạt mịn, độ ẩm cao màu nâu vàng
8.75		$\rho_{\text{max}} = 83$ $\rho_{\text{min}} = 59$ $\rho_{\text{tb}} = 70$	Cát pha sét, cứng xốp, màu nâu vàng
11.25		$\rho_{\text{max}} = 62$ $\rho_{\text{min}} = 38$ $\rho_{\text{tb}} = 49$	Sét pha cát trạng thái dẻo cứng, màu xám
13.75		$\rho_{\text{max}} = 40$ $\rho_{\text{min}} = 21$ $\rho_{\text{tb}} = 30$	Sét, cát hạt nhỏ, màu xám ghi, độ ẩm cao, chặt vừa
16.25		$\rho_{\text{max}} = 120$ $\rho_{\text{min}} = 62$ $\rho_{\text{tb}} = 80$	Cát, bột màu xám nâu
18.75			
21.25			
23.75			
26.25			

## KẾT LUẬN

Sau quá trình đo tham số và thử nghiệm trên thực địa tại phần đảo nổi của một số đảo san hô thuộc quần đảo Trường Sa cũng như khu vực Sơn Tây Hà Nội, máy TEC-2 đã thể hiện tính năng ưu việt về độ ổn định của kết quả đo, hiệu quả đo cũng như hiệu suất khảo sát của thiết bị tương đương với các sản cùng loại do Canada sản xuất [3]. Hệ thiết bị này đã góp phần quan trọng trong việc hoàn thành các đề tài và hợp tác khoa học của phòng địa môi trường với các cơ quan trong và ngoài nước. Trong khuôn khổ đề tài cấp Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam về đánh giá sự bất ổn định môi trường địa chất tầng nông đới ven bờ Sông Hồng khu vực Sơn Tây phục vụ quy hoạch thích ứng dân sinh thực hiện trong giai đoạn 2013 - 2014, máy nâng cấp giai đoạn 2 đã được sử dụng. Các kết quả phân tích

số liệu cho thấy hiệu quả khảo sát nghiên cứu môi trường địa chất tầng nông của máy TEC-2.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Perri, M. T., Cassiani, G., Gervasio, I., Deiana, R., and Binley, A., 2012. A saline tracer test monitored via both surface and cross-borehole electrical resistivity tomography: comparison of time-lapse results. *Journal of Applied Geophysics*, **79**, 6-16.
2. LaBrecque, D. J., and Adkins, P., 2011. A Multi-Source Approach For Deep Electrical Resistivity Tomography Monitoring. In 2011 SEG Annual Meeting. Society of Exploration Geophysicists, 693-696.
3. Canadian Manufacturer of Geophysical Instruments. (<http://www.gddinstrumentation.com>)

## VIETNAM - RUSSIAN COOPERATION INSTALLING AND TESTING THE TOMOGRAPHY ELECTRIC COMPLEX (TEC-2) FOR INVESTIGATION OF SHALLOW GEOLOGICAL ENVIRONMENT

**Do Huy Cuong, Bui Thi Bao Anh, Nguyen Thi Nhan,  
Nguyen Xuan Tung, Pham Duc Hung, Nguyen Xuan Thanh**

*Institute of Marine Geology and Geophysics-VAST*

**ABSTRACT:** *The geophysical investigation system named TEC-2 (Tomography Electric Complex-2) was designed, installed and tested in Institute of Marine Geology and Geophysics. This TEC-2 is the scientific cooperation product of Geomagnetic and Geoelectric Department of and POI and Geo - environmental Department of IMGG-VAST. The test results using TEC-2 show the capability of investigating by using certain pole system, short investigation time, high stability, the accuracy of two investigation times being more than 92%. The distributed design of electric poles, measuring operation, parameter selection, ... are programmed and controlled automatically by computer. The TEC-2 system was used for investigating the weak structures in islands of Song Tu Tay, Son Ca, Nam Yet and Sinh Ton in Truong Sa Archipelagos and shallow geological environment in the area of Red River bank in Son Tay, Hanoi. The acquired data contributed to the success of the scientific projects managed by IMGG in the National Program of Bien Dong and islands in the period of 2011 - 2013 and VAST's research project in the period of 2013 - 2014.*

**Keywords:** *Tomography Electric Complex, control automatically, electric pole system.*