



Kết quả áp dụng phương pháp từ telua nghiên cứu hệ địa nhiệt ở khu vực nguồn nước nóng Bang - Quảng Bình

Đoàn Văn Tuyền, Trần Anh Vũ, Lại Hợp Phòng, Lê Văn Sĩ, Phạm Ngọc Đạt, Dương Thị Ninh, Đinh Văn Toàn, Nguyễn Thị Hồng Quang

Viện Địa chất, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

Ngày nhận bài: 27 - 5 - 2014

Chấp nhận đăng: 15 - 2 - 2015

ABSTRACT

Results of magnetotelluric survey for studying geothermal system in the Bang area, Quang Binh province

This paper presents the first results from the application of magnetotelluric method (MT) using the new equipment MTU 2000 (Canada) and analysis software to investigate the structure of geothermal area around the Bang hot water source (Quang Binh province). Results of data analysis by MT 1D and 2D models to a depth of 20 km show low resistivity zone in the southwest of Bang hot water (100°C) and allow for interpreting the structural elements of atehydro- geothermal system. This includes a very low resistivity layer at depth of 2 km suggesting a clay cap (heat resistive shield), a relatively low resistivity zone at depth ≥ 2 km reflecting fractured rocks containing geothermal fluid and hot steam. A lower resistivity body at depth of 12-14 km located about 1.5 km from the hot water source indicates the existence of a heat source or a hot mass of intrusive magma, commonly thought to be sources of typical hydro- geothermal systems potential for energy exploitation. The obtained results not only provide new information for better understanding geothermal resource in the surveyed area, but also point out the methods and technology needed to improve the effectiveness for assessing potential of geothermal resources elsewhere in Vietnam.

©2015 Vietnam Academy of Science and Technology

1. Mở đầu

Trên lãnh thổ Việt Nam đã thống kê được hơn 200 điểm nước nóng địa nhiệt xuất lộ hay phát hiện được trong các lỗ khoan có nhiệt độ từ 30°C đến 100°C; trên thêm lục địa cũng đã phát hiện nhiều nguồn nước nóng trong các lỗ khoan thăm dò dầu khí (Trần Huyền và nnk, 1999; Võ Công Nghiệp, 1998), một số kết quả nghiên cứu khác cũng đã phát hiện một số vùng dị thường dòng nhiệt cao trên đất liền và thêm lục địa, hoạt động magma Neogen-Đệ tứ xuất hiện ở nhiều nơi, đặc biệt núi lửa trẻ đã từng ghi nhận vào năm 1923 tại

Đảo Tro thuộc tỉnh Bình Thuận (Duchkov et al., 1992; He Lijuan, 1999; Kulinich, et al., 1989; Võ Công Nghiệp, 1998),... chứng tỏ nguồn địa nhiệt ở nước ta phân bố rộng rãi, là đối tượng cần quan tâm nghiên cứu để đánh giá tiềm năng các nguồn địa nhiệt này cho khai thác phát triển năng lượng.

Trong nhiều năm qua các nhà nghiên cứu trong nước cũng như nước ngoài và cả các nhà đầu tư cũng đã quan tâm đến nghiên cứu khả năng khai thác nguồn địa nhiệt cho phát triển năng lượng ở Việt Nam (Cumming, 2009; Flynn et al., 1997; Hoang Huu Quy, 1998; Koenig et al., 1981; Thomas Mathews et al., 2008; Võ Công Nghiệp, 1998). Tuy nhiên, khi khảo sát thực tế và xem xét

Tác giả liên hệ, Email: doanvantuyen53@yahoo.com.vn

tài liệu đều nhận định rằng Việt Nam có nguồn địa nhiệt phân bố rộng rãi, có thể khai thác cho phát triển năng lượng kể cả phát điện, nhưng các kết quả nghiên cứu còn rất tản mạn, sơ sài và kém tin cậy do mới chỉ được đầu tư cho các điều tra phát hiện, tiến hành các phân tích mẫu nước xuất lộ, áp dụng các phương pháp địa hóa, đo địa vật lý nông,... là những phương pháp đơn giản ban đầu của giai đoạn nghiên cứu sơ bộ, chưa có được các dữ liệu về cấu trúc, vị trí phân bố bồn địa nhiệt cần thiết cho giai đoạn thăm dò.

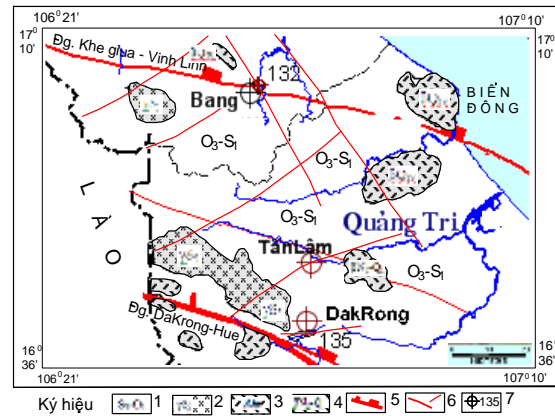
Để đáp ứng yêu cầu đó cần triển khai áp dụng các phương pháp địa vật lý dò sâu, thông thường các bồn địa nhiệt phân bố ở độ sâu > 1km và các yếu tố cấu trúc của hệ địa nhiệt còn phân bố ở độ sâu lớn hơn nữa, nên đòi hỏi phải có phương pháp và thiết bị có khả năng nghiên cứu chi tiết tới độ sâu từ 1-2km đến 10-20km và điều này chỉ có thể thực hiện được bằng phương pháp từ telua và địa chấn dò sâu (IGA report, 2013; He Lijuan, 1999; Pellerin et al., 1996). Kết quả nghiên cứu thực nghiệm và tài liệu thực tế đã cho thấy, vật chất trong các yếu tố cấu trúc của hệ địa nhiệt cũng như môi trường có mối quan hệ chặt chẽ hơn cả với tham số dẫn điện có thể nhận được từ kết quả áp dụng các phương pháp thăm dò điện từ: chất lỏng địa nhiệt trong bồn nhiệt luôn hòa tan các muối và khoáng vật có độ dẫn điện cao hơn đá bình thường, nguồn nhiệt có nhiệt độ rất cao cũng làm tăng độ dẫn điện so với các đá trong vỏ Trái Đất,... Vì vậy, để xác định vị trí phân bố, đặc điểm cấu trúc hệ địa nhiệt thì phương pháp điện từ, trong đó phương pháp từ telua có khả năng nghiên cứu độ sâu lớn tới hàng chục km có vai trò chủ đạo; trong nhiều văn liệu quốc tế gọi là “phương pháp chuẩn” (standard method) hay chủ đạo trong thăm dò địa nhiệt (Cumming, 2009; IGA report, 2013; Munoz Gerard, 2014).

Trong năm 2013 trong khuôn khổ nhiệm vụ và kinh phí của đề tài cấp nhà nước KC08.16/ 11-15: “Nghiên cứu đánh giá một số nguồn địa nhiệt triển vọng và có điều kiện khai thác cho phát triển năng lượng ở Việt Nam” với sự hỗ trợ thiết bị MTU2000 của Đại học quốc gia Chung Cheng - Đài Loan, lần đầu tiên Viện Địa chất đã thực hiện 35 điểm đo từ telua phân bố trên diện tích $4 \times 2,5$ km² để khảo sát nguồn nước nóng Bang 100°C (thuộc huyện Lệ Thủy, tỉnh Quảng Bình). Bài báo giới thiệu các kết quả phân tích tài liệu từ telua nhận được đã thể hiện mô hình về cấu trúc một hệ

thủy địa nhiệt cho thông tin rõ hơn về tiềm năng nguồn địa nhiệt ở đây và định hướng cho bước thăm dò nguồn địa nhiệt ở giai đoạn tiếp theo.

2. Đặc điểm địa chất - kiến tạo và biểu hiện địa nhiệt khu vực nghiên cứu

Địa điểm khảo sát từ telua nằm trong khu vực, về mặt địa chất, là phần đoạn của đai uốn nếp Trường Sơn, được giới hạn bởi hai đứt gãy lớn: Khe Giữa - Vĩnh Linh ở phía đông bắc và Da Krong - Huế ở phía tây nam. Về địa lý, khu vực nghiên cứu bao gồm phần rìa nam tỉnh Quảng Bình và toàn bộ diện tích của tỉnh Quảng Trị, phía tây giáp với lãnh thổ Lào, phía đông là Biển Đông (hình 1).



Hình 1. Sơ đồ địa chất khu vực Quảng Trị và phía nam tỉnh Quảng Bình (theo bản đồ địa chất Việt Nam tỷ lệ 1:1.000.000 (Bản đồ Địa chất và khoáng sản Việt Nam tỷ lệ 1:1.000.000. Cục Địa chất và Khoáng sản Việt Nam xuất bản 2004) và các tài liệu công bố khác)

Chú giải: ký hiệu đá và tuổi địa chất: 1-Trầm tích Oecđovic muộn - Silua sớm; 2-Đá magma xâm nhập Paleozoi; 3-Basalt phun trào Đệ Tứ; 4-Basalt phun trào Neogen- Đệ Tứ; 5-Đứt gãy kiến tạo bậc 1-2; 6- Đứt gãy kiến tạo bậc 3-4; 7-Nguồn nước nóng và ký hiệu

Trên bản đồ địa chất Việt Nam tỷ lệ 1: 1.000.000 (Bản đồ Địa chất và khoáng sản Việt Nam tỷ lệ 1:1.000.000. Cục Địa chất và Khoáng sản Việt Nam xuất bản 2004) trong vùng này xuất lộ đá của các thành tạo địa chất có tuổi từ Cambri đến Đệ Tứ. Diện phân bố rộng rãi hơn cả chiếm phần lớn diện tích khu vực là đá của hệ tầng Long Đại có tuổi Oecđovic muộn - Silua sớm (O₃-S₁ lđ) chiều dày đạt tới hơn 2.000m. Các khối đá magma xâm nhập Paleozoi (γδ⁵) phân bố trên diện rộng ở

phía tây và tây nam gần biên giới Việt Nam - Lào; các khối basalt phun trào Neogen - Đệ tứ ($\beta_{N_2-Q_1}$) và Đệ tứ ($\beta_{Q_{IV}}$) xuất hiện rải rác trên toàn khu vực, có diện lộ rộng ở phía đông bắc thuộc huyện Vĩnh Linh tỉnh Quảng Trị chứng tỏ ở đây đã diễn ra hầu hết các hoạt động magma cho đến giai đoạn hiện đại; các đá khác thường có diện lộ nhỏ dạng dải hẹp.

Các hệ thống đứt gãy kiến tạo khác nhau từ quy mô lớn khu vực thể hiện rõ trên bản đồ và quy mô nhỏ có thể quan sát được trên thực địa: Các đứt gãy bậc 1 và bậc 2 có phương tây tây bắc - đông đông nam là đứt gãy Khe Giữa - Vĩnh Linh và ĐaKrong - Huế, hệ thống đứt gãy bậc 3 - 4 có phương tây bắc - đông nam xuất hiện sớm hơn hệ thống đứt gãy theo phương đông bắc - tây nam.

Các điểm nước nóng xuất lộ trong vùng đã tồn tại và được phát hiện tại 3 địa điểm: (i) ở khu vực Bang gồm các điểm lộ nước nóng có nhiệt độ 75 - 100°C (nước nóng xuất lộ có nhiệt độ cao nhất trên lãnh thổ Việt Nam) phân bố dọc khe suối chiều dài 200m theo phương á kinh tuyến, nơi có đủ các hệ thống đứt gãy kiến tạo cắt qua; (ii) ở khu vực ĐaKrong các điểm xuất lộ nước nóng nhiệt độ 47 - 75°C phân bố rải rác trên chiều dài 3 km ở rìa phía bắc sông Quảng Trị, trùng với một đứt gãy bậc 4 có phương á vĩ tuyến phát triển từ đứt gãy khu vực ĐaKrong - Huế; (iii) ở khu vực Tân Lâm nước nóng có nhiệt độ 47°C xuất lộ trên nền đá vôi và nơi giao cắt của hai đứt gãy kiến tạo bậc 3 có phương tây bắc - đông nam và đứt gãy bậc 4 có phương đông bắc - tây nam xuất phát từ đứt gãy ĐaKrong - Huế.

Điều kiện địa chất - kiến tạo nêu trên và sự xuất lộ nước nóng nhiệt độ cao là những tiền đề cho thấy ở đây có khả năng tồn tại các nguồn địa nhiệt có nhiệt thế cao, có triển vọng cho khai thác phát triển năng lượng cần được triển khai các phương pháp nghiên cứu để xác định vị trí phân bố và cấu trúc nguồn địa nhiệt là một yêu cầu khoa học và thực tiễn cấp thiết.

3. Kết quả áp dụng phương pháp từ telua nghiên cứu cấu trúc nguồn địa nhiệt ở khu vực Bang

3.1. Công tác thực địa đo từ telua

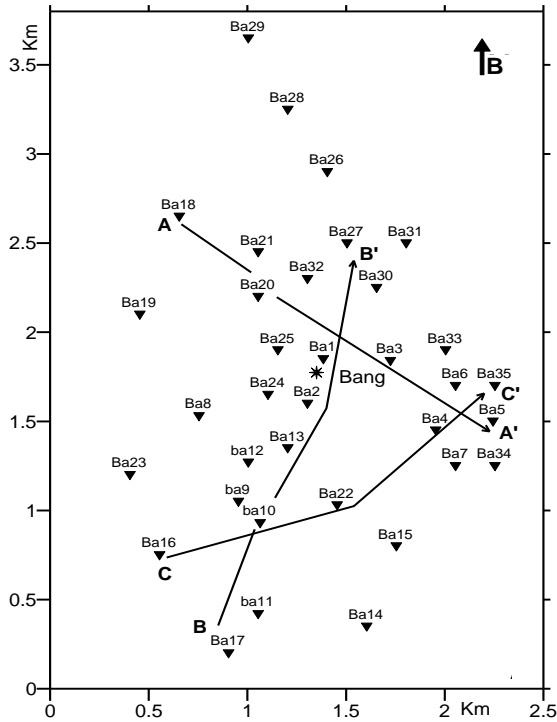
Trong năm 2013 các cán bộ khoa học của Viện Địa chất - Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam đã thực hiện đo từ telua tại khu vực Bang với bộ thiết bị MTU 2000 (Canada sản xuất)

do các nhà khoa học của Đại học Quốc gia Chung Cheng (Đài Loan) cho thuê. Đây là bộ thiết bị từ telua thế hệ mới, hiện đại có khả năng chống nhiễu cao, máy ghi lưu số liệu có bộ nhớ 1 Gb gọn nhẹ (3kg) dùng nguồn acqui 30 Ah, các đầu đo tháo lắp nhanh thuận tiện cho việc vận chuyển từng bộ phận đến các điểm đo không có đường giao thông, bộ phần mềm xử lý có tốc độ nhanh,... đáp ứng được các yêu cầu cho khảo sát chi tiết và điều kiện địa hình phức tạp trong nghiên cứu địa nhiệt ở Việt Nam và khu vực Bang nói riêng.

Đo từ telua bằng thiết bị MTU 2000 thực hiện theo các yêu cầu và nguyên tắc chung của phương pháp từ telua: điểm đo phải có bề mặt tương đối phẳng để bố trí được 2 cặp điện cực chiều dài mỗi cặp $\geq 50m$, và hai đầu đo từ thành phần nằm ngang đặt trên một hệ trục vuông góc với quy ước trục x theo phương nam - bắc, trục y theo phương tây - đông; đảm bảo các yêu cầu về hiệu điện thế nhỏ giữa các điện cực, điện trở tiếp đất của các điện cực,... Đối với thiết bị MTU 2000 điểm đo từ telua phải có điều kiện để thiết bị định vị GPS đặt trong máy thu được tín hiệu của ít nhất 4 vệ tinh, thực hiện việc chuẩn máy và các đầu thu tín hiệu (calibration) bằng một phần mềm để lựa chọn tham số ghi số liệu phù hợp với đặc điểm trường từ ở địa điểm đo, thời gian thực hiện 1,5 - 2 giờ. Quy trình đo thực địa thực hiện theo sách hướng dẫn sử dụng kèm theo thiết bị (MTU2000).

Tại mỗi điểm đo trên thực địa thiết bị MTU 2000 ghi liên tục và lưu vào bộ nhớ tín hiệu dao động theo thời gian của 5 thành phần điện từ trong dải tần số 5000 - 0,003 Hz, gồm: thành phần điện Ex của cặp điện cực và thành phần từ nằm ngang Hx đặt theo trục x, Ey của cặp điện cực thứ hai và Hy đặt theo trục y, thành phần từ thẳng đứng Hz. Tại khu vực Bang, bước đầu tiên thực hiện 2 điểm đo thí nghiệm và xử lý sơ bộ tài liệu để lựa chọn thời gian ghi thích hợp: với thời gian ghi 20 giờ (1 ngày đêm) cho phép nhận số liệu có chất lượng tốt ở dải tần số 5000 - 0,01 Hz và thông tin về một lớp dẫn điện ở độ sâu khoảng 2 km theo đường cong Bostik; với thời gian ghi 10 giờ (1 ngày) cho số liệu bảo đảm chất lượng ở dải tần số 5000 - 0,1 Hz cũng có đủ thông tin về lớp dẫn điện này. Dựa trên kết quả đo thí nghiệm đã thực hiện các điểm đo tiếp theo với thời gian ghi 10 giờ (ban ngày) để đảm bảo an toàn và chi phí hạn chế. Kết quả công tác thực địa đã nhận được 35 điểm đo có chất lượng phân bố trên khu vực với diện tích $4 \times 2,5km^2$ bao quanh điểm lộ nước nóng Bang; do

điều kiện địa hình phức tạp (sông, suối, núi có vách và sườn dốc cao) gây khó khăn cho việc tìm mặt bằng để đặt thiết bị nên không bố trí được mạng lưới điểm đo có khoảng cách đều theo yêu cầu (hình 2).



Hình 2. Sơ đồ phân bố điểm đo và các tuyến phân tích tài liệu từ telua khu vực Bang

Chú giải: ▼Ba8- Vị trí và ký hiệu điểm đo; A-A' - Tuyến phân tích tài liệu mô hình 1D; B-B', C-C'- Tuyến phân tích tài liệu mô hình 2D; *Bang - Điểm xuất lộ nước nóng Bang (100°C)

Sau khi kết thúc mỗi ngày đo tại thực địa, tín hiệu ghi tại mỗi điểm đo được xử lý sơ bộ bằng phần mềm SSMT 2000 và MTPlot nhận được hơn 10 tham số khác nhau được lưu trữ trong máy tính và cho phép đánh giá sơ bộ chất lượng tài liệu, thông tin về môi trường trên các tham số cơ bản ở dạng tài liệu thô là các đường cong điện trở suất, các đường cong pha, đường cong về tính liên kết (Coherency),... đặc biệt đường cong Bostik cho thông tin sơ bộ về sự thể hiện và độ sâu phân bố tầng dẫn điện là đối tượng cần quan tâm. Toàn bộ các số liệu thực hiện đo từ telua ở khu vực Bang được lưu trữ tại Viện Địa chất.

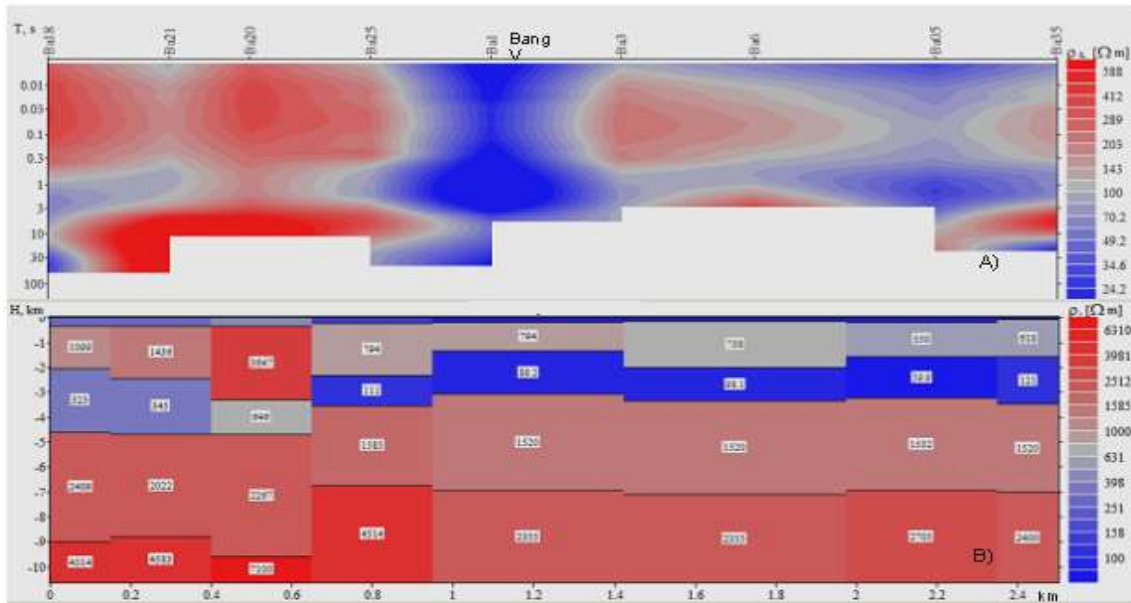
3.2. Kết quả xử lý tài liệu

Tín hiệu điện từ telua thường bị nhiễu mạnh do các nguồn điện trong hoạt động công nghiệp, giao thông, dân sinh và hệ thống viễn thông hiện nay có ở khắp mọi nơi. Để có số liệu đủ chất lượng cho phân tích định lượng cần tiến hành việc xử lý số liệu đòi hỏi nhiều thời gian bằng phần mềm MT-Editor, chỉ có thể thực hiện được ở văn phòng sau đợt thực địa, bước đầu bằng chế độ tự động, sau đó sử dụng chức năng xử lý thủ công (Manual processing) để loại bỏ được nhiễu biên độ lớn (Data Processing User guide, 2005). Sau khi thực hiện bước xử lý này đã nhận được tài liệu có chất lượng tốt ở dải tần số 5000 Hz đến 0,1 Hz trên các điểm đo với thời gian ghi 10 giờ, ở dải tần số 5000 Hz đến 0,005 - 0,003 Hz cho các điểm đo với thời gian ghi 20 giờ.

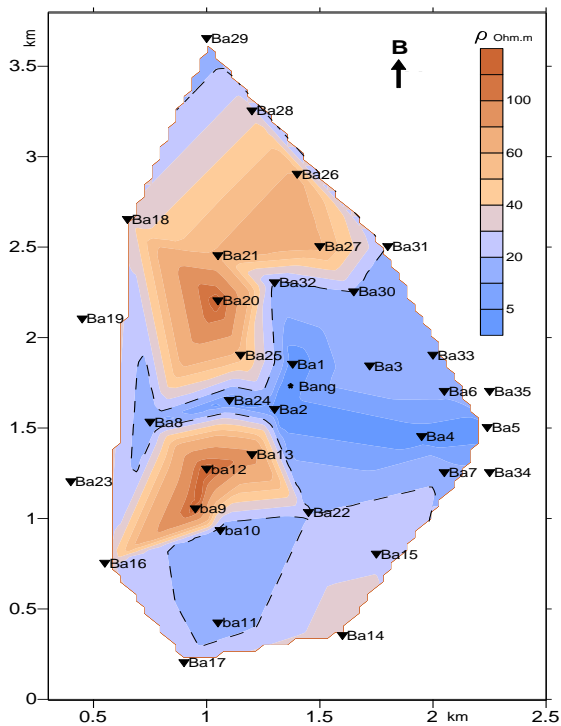
3.2. Kết quả phân tích tài liệu

Số liệu chính đảm bảo chất lượng nhận được từ kết quả xử lý số liệu sử dụng để phân tích định lượng tại mỗi điểm đo là cặp đường cong điện trở suất có tính phân cực điện (TE) là đường cong ρ_{Eyx} , có tính phân cực từ (TM) - ρ_{Eyx} và cặp đường cong pha tương ứng. Số liệu của toàn bộ các điểm đo được sử dụng để phân tích theo mô hình một chiều (1D), chọn số liệu các điểm đo phân bố theo các tuyến có phương khác nhau để phân tích theo mô hình 2D bằng các phần mềm WinGlink, SondMT (WinGlink User guide). Trong bài báo này chỉ trình bày kết quả phân tích theo mô hình 1D cho tuyến A-A' và phân bố điện trở suất lớp dẫn điện trên diện tích khảo sát; kết quả phân tích theo mô hình 2D cho 2 tuyến B-B' và C-C' (hình 2) thể hiện được những thông tin cần quan tâm về cấu trúc hệ địa nhiệt. Tài liệu nhận được cũng đủ điều kiện cho phân tích theo mô hình ba chiều (3D), nhưng hiện nay chúng tôi chưa có phần mềm này.

Kết quả phân tích tài liệu theo mô hình 1D dọc tuyến đo A-A' cắt qua điểm Ba1 là nơi xuất lộ nước nóng Bang, cho thấy sự tồn tại lớp dẫn điện (điện trở suất thấp từ đơn vị đến hàng chục Ohm.m) phân bố rộng rãi ở độ sâu 1,5-3km (hình 3). Lớp phủ trên có điện trở suất cao (>500 Ohm.m) và các lớp bên dưới có điện trở suất rất cao (>1500 Ohm.m) phản ánh tính chất đá rắn chắc không chứa nước, cho phép dự đoán lớp dẫn điện có khả năng là tầng chứa nước nóng (bồn nhiệt) - nguồn cung cấp nước cho điểm xuất lộ Bang, điện phân bố và giá trị điện trở suất của tầng dẫn điện này thể hiện trên hình 4, cho thấy nó có xu thế phát triển về phía đông và tây nam điểm nước nóng xuất lộ.



Hình 3. Kết quả phân tích tài liệu từ telum mô hình 1D theo tuyến A-A' (A-Mặt cắt điện trở suất biểu kiến; B-Mặt cắt cấu trúc điện trở suất)



Hình 4. Diện phân bố và điện trở suất của tầng dẫn điện ở khu vực Bang

Chú giải : ▼Ba1 – Vị trí và ký hiệu điểm đo từ telum;
 *Bang - Điểm xuất lộ nước nóng 100°C; --- Ranh giới vùng điện trở suất thấp, $\leq 20 \text{ Ohm.m}$.

Thực hiện phân tích tài liệu theo mô hình 2D bằng phần mềm thương mại WinGlink (bản quyền sử dụng - khóa cứng do các nhà khoa học Đài Loan cho mượn) dựa trên thuật toán phổ biến là phương pháp phân tử hữu hạn, tối ưu hóa bằng phương pháp lặp - lựa chọn, được hướng dẫn chi tiết trong tài liệu (WinGlink User guide). Phần mềm này có chế độ giao diện trên màn hình rất thuận tiện cho thực hiện nhanh các phương án phân tích với các tham số khác nhau: cấu trúc lưới mô hình, chiều sâu khảo sát, điện trở suất ban đầu, số liệu điện trở suất và pha theo phân cực điện (TE) và phân cực từ (TM) riêng rẽ hoặc đồng thời cả hai, phương pháp giải phương trình,... Từ đó sẽ lựa chọn được phương án phân tích và mô hình hợp lý nhất cho tập tài liệu đo thực tế.

Với các số liệu thực tế ở Bang, phương án phân tích với lưới mô hình dưới tuyến đo gồm 40 hàng theo trục z chiều sâu 20km, số cột giữa các điểm đo là 4, điện trở suất ban đầu 300 Ohm.m, phương pháp làm tròn Occam, số liệu điện trở suất và pha dạng phân cực TE hay TM, số lần lặp đến 10 đạt được sai số trung bình giữa số liệu đo và tính trên mô hình thay đổi trong khoảng 5 - 11% phụ thuộc số liệu trên từng tuyến, là kết quả phù hợp với thông tin về địa chất và biểu hiện địa nhiệt.

Kết quả phân tích tài liệu theo mô hình 2D đến độ sâu 18km theo hai tuyến B-B' và C-C' thể hiện rõ nhất thiết diện đới điện trở suất thấp trong phạm vi khảo sát với những thông tin phong phú hơn (hình 5) so với kết quả phân tích tài liệu theo mô hình 1D nêu trên. Theo đó, đới điện trở suất thấp (hàng chục Ohm.m đến 500 Ohm.m) phân bố ở nửa đầu các tuyến có khả năng phát triển sâu hơn cả độ sâu khảo sát được (18km) và tiếp xúc với vùng điện trở suất tăng cao (>1000 Ohm.m) ở cuối tuyến bởi ranh giới có góc cắm gần như thẳng đứng. Trong đới điện trở suất thấp này thể hiện rõ tính phân dị (phân lớp) điện trở suất theo chiều sâu, bao gồm: lớp phủ trên có điện trở suất tương đối cao (500-600 Ohm.m), lớp dẫn điện (hàng chục đến 100 Ohm.m) phân bố ở độ sâu từ 2 đến 3km, vùng điện trở suất trung bình (100 - 500 Ohm.m) phát triển sâu hơn 18km, trong đó ở rìa bên dưới đầu tuyến xuất hiện đầu nhô của một cấu trúc điện trở suất tương đối thấp (200 Ohm.m) ở độ sâu 12 - 14km. Theo kết quả phân tích với số liệu hiện có, thiết diện của đới điện trở suất thấp có kích thước kéo dài khoảng 1,5km theo tuyến B-B' phương á kinh tuyến (hình 5B), điểm xuất lộ nước nóng Bang nằm ở rìa bắc của đới, trong khi theo tuyến C-C' phương á vĩ tuyến kích thước thiết diện của nó nhỏ hơn nhiều chỉ khoảng 0,5 km.

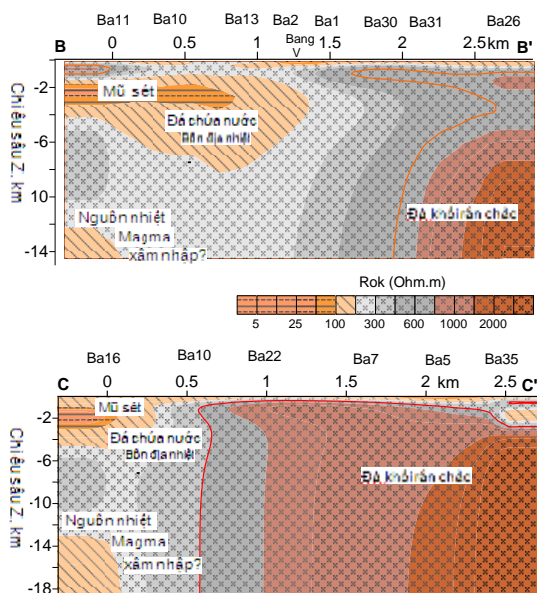
Lưu ý rằng, theo kết quả phân tích mô hình 2D (hình 5) lớp điện trở suất thấp (lớp dẫn điện) còn có dấu hiệu tồn tại kéo dài về phía cuối tuyến, nhưng do chiều dày nhỏ so với độ sâu phân bố lại nằm trong đá gốc điện trở suất rất cao nên không thể hiện được. Đới điện trở suất thấp có dấu hiệu phát triển kéo dài về phía đầu tuyến cần bổ sung mở rộng diện đo từ telua về phía nam sẽ cho thông tin đầy đủ về cấu trúc của đới này. Ngoài ra, một số tham số từ telua khác như Skew chỉ thị tính chất bất đồng nhất; vector độ dẫn (nhận được từ kết quả đo 3 thành phần từ Hx, Hy, Hz) chỉ thị về biên độ và hướng biến đổi độ dẫn điện, nếu được khai thác sẽ cho thêm thông tin về tính chất của môi trường cũng như đới tương cần quan tâm trong phạm vi khảo sát.

4. Luận giải mô hình cấu trúc hệ địa nhiệt ở khu vực Bang theo tài liệu từ telua

4.1. Mô hình nguyên tắc cấu trúc hệ thủy địa nhiệt và tham số điện trở suất

Phân tích kết quả áp dụng phương pháp địa vật lý trong nhiều năm qua để khảo sát xác định cấu trúc, so sánh với tài liệu khoan, đo nhiệt độ và phân tích mẫu ở nhiều bồn địa nhiệt trên thế giới, các nhà nghiên cứu đã xác lập được mô hình nguyên tắc (conceptual model) về cấu trúc của một hệ thủy địa nhiệt và tham số điện trở suất thể hiện trên kết quả phân tích tài liệu từ telua (Cumming 2009; Munoz Gerard, 2014; Pellerin et al., 1996) (hình 6). Mô hình này cung cấp những thông tin cơ bản về các yếu tố cấu trúc của một hệ địa nhiệt, đồng thời còn là những chỉ tiêu cần thiết để luận giải tài liệu từ telua trong khảo sát vùng địa nhiệt cụ thể, khi chưa có các tài liệu khoan sâu. Theo đó, một hệ thủy địa nhiệt bao gồm các yếu tố cấu trúc chính với đặc trưng điện trở suất như sau:

- (i) Lớp mù sét (clay cap) ở bên trên được tạo thành do quá trình đối lưu, dẫn dung dịch và hơi nhiệt từ dưới sâu lên gần bề mặt, có đặc trưng điện trở suất rất thấp (<10 Ohm.m). Thành phần khoáng vật của mù sét phụ thuộc nhiệt độ và thành phần khoáng vật của đá chứa trong bồn địa nhiệt: Khoáng vật smectite đặc trưng cho bồn nhiệt độ thấp đến trung bình (70 - 150°C), hỗn hợp illite-smectite chỉ thị nhiệt độ bồn nhiệt trung bình (150-180°C), clorite và epidote chỉ thị bồn nhiệt có



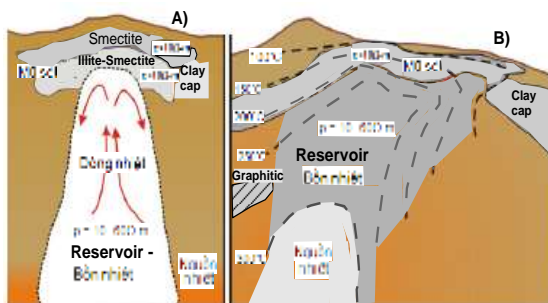
Hình 5. Mặt cắt cấu trúc điện trở suất theo kết quả phân tích tài liệu mô hình 2D theo tuyến B-B' và C-C' khu vực Bang

hiệt độ rất cao (> 220°C). Mũ sét này đóng vai trò chắn nhiệt, các điểm xuất lộ nước nóng lên bề mặt chỉ tồn tại ở những nơi có khe nứt cắt qua mũ sét.

(ii) Bồn nhiệt là vùng đá nứt nẻ, có hốc rỗng của một thành hệ địa chất hay được tạo ra bởi các phá hủy kiến tạo là nơi có điều kiện tích lũy dung dịch địa nhiệt và đường dẫn hơi nhiệt từ nguồn nhiệt đi lên, có đặc trưng điện trở suất tương đối thấp phụ thuộc vào điện trở suất của đá chứa, thành phần dung dịch, nhiệt độ,... nhưng thường là cao hơn điện trở suất của mũ sét bên trên.

(iii) Nguồn nhiệt hay nguồn cung cấp nhiệt là các thể magma xâm nhập có nhiệt độ rất cao (>300°C) thường phân bố ở độ sâu 8 - 12km, có đặc trưng điện trở suất thấp hơn đá vây quanh và điện trở suất của bồn nhiệt, có thể nhận biết được trên tài liệu từ telua. Nhiều văn liệu thế giới còn cho biết, trong nhiều trường hợp bên cạnh các cấu trúc điện trở suất liên quan đến các yếu tố hệ địa nhiệt còn xuất hiện những cấu trúc điện trở suất thấp gây ra bởi các thành hệ địa chất hay khối quặng có chứa các khoáng vật dẫn điện như các kim loại, sulphite, graphite,... (hình 6B) dẫn đến những luận giải sai lệch về cấu trúc hệ địa nhiệt dựa trên kết quả phân tích tài liệu từ telua (Munoz Gerard, 2014).

Hệ địa nhiệt có đủ các yếu tố cấu trúc nêu trên được gọi là nguồn thủy địa nhiệt nguồn gốc magma và theo phân loại trong địa nhiệt ứng dụng là hệ địa nhiệt kín cho phép khai thác nhiệt ổn định bởi bồn nhiệt luôn được cấp nhiệt từ nguồn nhiệt nhiệt độ cao theo cơ chế đối lưu nhiệt và không bị xả nhiệt lên bề mặt (Data Processing User guide, 2005).



Hình 6. Mô hình nguyên tắc cấu trúc và tham số điện trở suất một bồn thủy địa nhiệt: A) Lý tưởng (Munoz Gerard, 2014); B) Với tài liệu thực tế (Pellerin et al., 1996)

4.2. Một số luận giải về mô hình cấu trúc hệ địa nhiệt ở khu vực Bang

Kết quả phân tích các tài liệu: từ telua, đặc tính địa hóa nước nóng xuất lộ, thông tin về điều kiện địa chất - kiến tạo ở khu vực Bang và lân cận, mô hình nguyên tắc của một hệ thủy địa nhiệt trên văn liệu,... cho phép đưa ra một số luận giải về mô hình cấu trúc của hệ địa nhiệt ở khu vực này.

Tài liệu từ telua theo mô hình 1D (hình 3, 4) mới chỉ cung cấp những thông tin ban đầu về khả năng tồn tại và diện phân bố một lớp dẫn điện ở khu vực lân cận điểm xuất lộ nước nóng Bang (100°C) là chỉ thị của một tầng chứa nước địa nhiệt - nguồn cung cấp nước nóng cho điểm xuất lộ; kết quả phân tích tài liệu theo mô hình 2D (hình 5) thể hiện rõ hơn các chỉ thị về yếu tố cấu trúc và vị trí phân bố của hệ địa nhiệt. Theo đó, đới điện trở suất thấp phát triển sâu có phương á kinh tuyến kéo dài 1,5km từ điểm nước nóng Bang về phía tây nam với chiều rộng 0,5km, thể hiện các chỉ thị điện trở suất của hệ địa nhiệt, tương tự với cấu trúc và điện trở suất của mô hình hệ thủy địa nhiệt công bố trong văn liệu quốc tế nêu trên (hình 6):

(i) Lớp dẫn điện (điện trở suất thấp nhất từ hàng chục đến 100 Ohm.m) phân bố ở độ sâu khoảng 2 km phản ánh tính chất của lớp (mũ) sét. Về địa chất có thể lớp này phân bố trong đá của các phụ hệ tầng dưới và giữa của hệ tầng Long Đại (O₃-S₁ lđ₁₋₂) có thành phần đá hạt thô chiếm ưu thế là điều kiện thuận lợi cho việc dẫn, chứa dung dịch và tích tụ sét.

Vùng điện trở suất trung bình (100 - 500 Ohm.m) phát triển sâu hơn 18km phản ánh tính chất của đá nứt nẻ chứa nước và hơi địa nhiệt chỉ thị về một bồn địa nhiệt. Về địa chất đới này có thể được tạo thành bởi một phá hủy kiến tạo trẻ phương á kinh tuyến cắt qua các thành hệ địa chất chưa được xác định, có thể là đá cổ của nền kết tinh tiền Cambri và đá granit có tính chất điện trở suất rất cao như ở bên ngoài đới (hơn 1000 Ohm.m phản ánh đá khối rất rắn chắc). Kết quả phân tích bằng các phương pháp địa hóa từ các mẫu nước ở nguồn xuất lộ Bang chỉ thị nước ở rìa bồn nhiệt và theo phương pháp địa nhiệt kế hóa học nhiệt độ bồn nhiệt đạt tới 160-180°C (Doan Van Tuyen et al., 2014; Hoang Huu Quy, 1998).

(ii) Có thể là tính chất và tham số của chính bồn địa nhiệt này.

(iii) Ở bên dưới rìa phía nam và tây nam của đới ở độ sâu 12 - 14 km xuất hiện đầu nhô của một cấu trúc điện trở suất tương đối thấp (200 Ohm.m) cho phép dự đoán về sự tồn tại một nguồn nhiệt có nhiệt độ rất cao, có thể là một khối magma xâm nhập? Tài liệu hiện có chưa thể hiện đủ diện tích, độ sâu phân bố cũng như thành phần vật chất của cấu trúc này, nhưng xem xét trên bản đồ địa chất (hình 1) cho thấy, về phía bắc điểm lộ Bang khoảng 8km và xa hơn về phía đông - đông nam (khu vực Vĩnh Linh) lộ ra các khối phun trào basalt tuổi Đệ Tứ ($\beta_{Q_{IV}}$) chứng tỏ hoạt động magma trẻ trong vùng này đã diễn ra rất mạnh mẽ, đó là điều kiện để tồn tại các nguồn magma xâm nhập, trong đó có nguồn nhiệt dự báo trong đới điện trở suất thấp ở khu vực Bang. Với nhiệt độ nước xuất lộ 100°C , dự báo nhiệt độ bồn nhiệt $160 - 180^{\circ}\text{C}$ thì nhiệt độ nguồn nhiệt (magma xâm nhập) hoàn toàn có khả năng đạt $> 300^{\circ}\text{C}$ như mô hình dẫn trong văn liệu thể giới.

Mô hình hệ địa nhiệt ở Bang theo tài liệu từ telua có chỉ thị tương tự về cấu trúc so với mô hình trong văn liệu quốc tế, tuy nhiên về tham số điện trở suất có cao hơn, có thể giải thích được bởi sự khác biệt về điều kiện địa chất, tính chất dẫn điện của đá chứa và dung dịch địa nhiệt ở mỗi nơi: hệ địa nhiệt ở Bang tồn tại trong môi trường đá có điện trở suất rất cao (hàng nghìn Ohm.m), còn điện trở suất môi trường đá trong mô hình dẫn chứng có thể có điện trở suất thấp hơn nhiều. Mũ sét ở phần giữa và cuối tuyến đo trong hệ địa nhiệt ở Bang có chiều dày không lớn so với độ sâu phân bố chúng nên không thể hiện đủ trên bản vẽ; tham số điện trở suất xác định được bằng tài liệu từ telua cũng thường cao hơn giá trị thực là những vấn đề bình thường trong phân tích tài liệu địa vật lý.

5. Kết luận

(i) Để có được thông tin về vị trí phân bố và cấu trúc của một hệ địa nhiệt là yêu cầu quan trọng của giai đoạn nghiên cứu sơ bộ trong đánh giá triển vọng khai thác nguồn địa nhiệt, cần thiết phải triển khai áp dụng các phương pháp địa vật lý, trong đó phương pháp từ telua có vai trò chủ đạo, đáp ứng được yêu cầu chi tiết và độ sâu nghiên cứu đến 10 km và sâu hơn.

(ii) Dựa trên kết quả áp dụng phương pháp từ telua lần đầu tiên ở Việt Nam trên một diện tích $2,5 \times 4 \text{ km}^2$ bằng hệ thiết bị hiện đại MTU 2000 để khảo sát hệ địa nhiệt ở khu vực nguồn nước nóng Bang (tỉnh Quảng Bình) đã xác định được vị trí phân bố và cấu trúc của một đới điện trở suất thấp ở phía nam - tây nam điểm nước nóng xuất lộ, có các chỉ thị về các yếu tố cấu trúc của một hệ địa nhiệt.

(iii) Mô hình điện trở suất của hệ địa nhiệt theo tài liệu từ telua nhận được ở khu vực Bang có các yếu tố cấu trúc và tham số điện trở suất tương tự với mô hình nguyên tắc một hệ thủy địa nhiệt nguồn gốc magma trong văn liệu quốc tế, bao gồm mũ sét (lớp chắn nhiệt), bồn nhiệt và nguồn nhiệt có thể là khối magma xâm nhập nóng hình thành trong giai đoạn phun trào basalt Đệ tứ ($\beta_{Q_{IV}}$), là dạng nguồn nhiệt có điều kiện thuận lợi và hiệu quả cho khai thác năng lượng. Mô hình cấu trúc hệ địa nhiệt nhận được ở khu vực Bang phù hợp với các thông tin về điều kiện địa chất, hoạt động magma, kết quả phân tích địa hóa, nhiệt độ nước xuất lộ,... là cơ sở dữ liệu mới rất cần thiết cho việc lựa chọn vị trí thích hợp để tiến hành khoan thăm dò cho nghiên cứu chi tiết, xác định trữ lượng bồn nhiệt ở giai đoạn tiếp theo.

(iv) Kết quả và kinh nghiệm áp dụng phương pháp từ telua ở khu vực Bang có thể sử dụng cho công tác nghiên cứu, khảo sát đánh giá tiềm năng các nguồn địa nhiệt khác ở Việt Nam.

Lời cảm ơn

Kết quả công bố trong bài báo này là một phần nội dung của Đề tài cấp nhà nước “Nghiên cứu đánh giá một số nguồn địa nhiệt triển vọng và có điều kiện khai thác cho phát triển năng lượng ở Việt Nam”, mã số KC08.16/ 11-15, các tác giả chân thành cảm ơn GS. Chau-Huei Chen, Đại học quốc gia Chung Cheng - Đài Loan đã hỗ trợ thiết bị và phần mềm để thực hiện phương pháp từ telua.

Tài liệu dẫn

Bản đồ Địa chất và khoáng sản Việt Nam tỷ lệ 1:1.000.000. Cục Địa chất và Khoáng sản Việt Nam xuất bản 2004. Lưu trữ Địa chất.

Cumming W., 2009: Geothermal resource conceptual models using surface exploration data. In: proceedings, 34th

Tạp chí Các Khoa học về Trái Đất, 37 (1), 48-56

- workshop on geothermal reservoir engineering, Stanford University.
- Data Processing User guide. Phoenix Geophysic Ltd. 2005, 201p.
- Di Pippo R., 2012: Geothermal Power plant. Principles, applications, case studies. 3rd edition. Elsevierdirect, 579p.
- Doan Van Tuyen, Tran Anh Vu, Nguyen Thi Kim Thuong, 2014: Geochemical Characteristics of Geothermal Hot Water Sources on the Territory of Vietnam. Proceeding, Thirty-Eighth Workshop on Geothermal Reservoir Engineering Stanford University, Stanford, California, February 24-26, 2014 SGP-TR-202.
- Duchkov A.D., Nguyen Trong Yem, Dinh Van Toan, and Trinh Viet Bac, 1992: First estimations of heat flow in northern Vietnam. Soviet Geology and Geophysics, Vol. 33, No. 5, pp 92-96.
- Flynn T., Quy H. H., 1997: Assessment of the geothermal resources of Socialist Republic of Vietnam. Geothermal resources Council Transactions, vol.21, 341-345.
- IGA report, 2013: Geothermal Exploration best practices: A Guide to resource data collection, analysis, and presentation for Geothermal projects.
- He Lijuan, 1999: Analysis of heat flow along a transect across the South China Sea. Geothermal Training Programme, Reports 1999, Number 5, 125-140.
- Hoang Huu Quy, 1998: Overview of the Geothermal potential of Vietnam. Geothermics, Vol.27, n.1, 109-115.
- Koenig J. et al., 1981: Evaluation of the potential for Geothermal Energy Resources in the SR of Vietnam. Berkeley, CA.
- Kulinich G.G., Zabolotnikov A.A, Markov Yu., 1989: Cenozoic evaluation of the Earth crust and orogeny in South- Eastern Asia (Tiếng Nga).
- MTU2000: User guide. Phoenix Geophysic Ltd. 2000, 36p.
- Munoz Gerard, 2014: Exploring for Geothermal Resources with Electromagnetic Methods. Surv Geophys (2014) 35:101-122, Springer, DOI 10.1007/s10712-013-9236-0.
- Pellerin et al., Johnston M, Hohmann W., 1996: A numerical evaluation of electromagnetic methods in geothermal exploration. Geophysics 61(1996):121-130.
- Thomas Mathews, et al., 2008: Study on the sozio-economic framework for the use Geothermal energy in Vietnam. Proceedings of the 8th Asian Geothermal Symposium, Hanoi.
- Trần Huyền, Trương Minh, Nguyễn Tiến Bào, 1999: Về chế độ địa nhiệt ở các bể trầm tích thềm lục địa Việt Nam. Tạp chí Kinh tế Địa chất và Nguyên liệu khoáng. Cục Địa chất và Khoáng sản Việt Nam. Số 18 tháng 2 năm 1999, tr.16-25.
- Võ Công Nghiệp (chủ biên), 1998: Danh bạ các nguồn nước khoáng và nước nóng Việt Nam. Cục Địa chất và Khoáng sản Việt Nam. Hà Nội, 300tr.
- Zhdanov M., 2009: Geophysical Electromagnetic Theory and Methods. Methods in Geochemistry and Geophysics, Volume 43. ISSN: 0076-6895 Elsevier, 831pp.
- WinGLink User guide. Geosystem 200, 182p. www.geosystem.net.