

ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ ĐỊA CHẤT

NGHIÊN CỨU ĐẶC ĐIỂM VÀ NGUỒN GỐC CỦA
NGUỒN ĐỊA NHIỆT MỸ LÂM, TỈNH TUYÊN QUANG

HOÀNG VĂN HIỆP

Chuyên ngành: Khoáng vật học và Địa hóa học

Mã số: 9440201.02

Người hướng dẫn: PGS.TS. Vũ Văn Tích

PGS.TS. Nguyễn Văn Phổ

Hà Nội - 2023

MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của luận án

Nước khoáng nóng từ các nguồn địa nhiệt được biết đến là loại hình khoáng sản với đặc điểm thành phần và đặc điểm nguồn năng lượng mà chúng mang lại [1]–[3]. Đối với một số quốc gia như Mỹ, Iceland hay Philippine khai thác năng lượng địa nhiệt phục vụ sản xuất đóng góp đáng kể vào nhu cầu năng lượng của nền kinh tế [4]–[7].

Các nghiên cứu về địa nhiệt mới trên thực tế cũng chủ yếu tập trung vào hai hướng: (1) Thống kê số lượng, vị trí đặc điểm của các nguồn nước khoáng, tại các lỗ khoan khai thác nước khoáng; Nghiên cứu đặc điểm, nguồn gốc địa nhiệt tại từng mỏ nước khoáng, từng vị trí khai thác nước khoáng. Ngoài ra, các mỏ nước khoáng thường được phát hiện trong quá trình triển khai các đề án, dự án điều tra cơ bản về địa chất, địa chất thủy văn, đo vẽ bản đồ các tỷ lệ; thăm dò tìm kiếm nước dưới đất và dầu khí. (2) Chưa có các nghiên cứu chi tiết về nguồn gốc nguồn địa nhiệt cho từng khu vực. Điều này đưa đến nhận định rằng, các nghiên cứu về địa nhiệt tại Việt Nam hiện nay mới chỉ đáp ứng yêu cầu của giai đoạn điều tra sơ bộ của Chương trình địa nhiệt.

Khu vực phía Tây Bắc Bộ hiện nay xuất hiện nhiều điểm nước khoáng nóng đang được khai thác và sử dụng cho nhiều mục đích khác nhau [8], [12]–[14]. Tuy nhiên có một điểm khoáng nóng hiện đang được đánh giá là một trong những điểm khai thác nhiều nhất phục vụ cho một số nhu cầu như tắm khoáng, du lịch và bổ sung khoáng chất cho cơ thể con người đó là nguồn khoáng nóng Mỹ Lâm (Yên Sơn, Tuyên Quang). Tại khu vực này, các nghiên cứu mới chỉ tập trung vào phân loại và định danh nước khoáng nóng mà chưa làm sáng tỏ được một số đặc điểm quan trọng về điều kiện nguồn gốc thành tạo, nhiệt độ nguồn cấp dưới sâu, trữ

lượng nguồn nhiệt có thể khai thác, các ứng dụng khai thác trực tiếp/gián tiếp năng lượng từ nguồn nhiệt [9], [12], [15].

Vì vậy, việc xác định đầy đủ hơn các yếu tố cấu trúc và điều kiện tồn tại, vận động của hệ thống địa nhiệt cụ thể hơn là các đặc điểm cấu tạo địa tầng, cấu trúc kiến tạo khu vực, các đặc điểm địa hoá dung dịch địa nhiệt, nhiệt độ nguồn cấp dưới sâu và nguồn gốc, cơ chế xuất lộ, đặc điểm bồn chứa của chúng có ý nghĩa quan trọng không chỉ đối với các bồn địa nhiệt tại khu vực.

Các vấn đề nêu trên chính là lý do luận án thực hiện nghiên cứu với chủ đề: ***“Nghiên cứu đặc điểm và nguồn gốc của nguồn địa nhiệt Mỹ Lâm, tỉnh Tuyên Quang”***.

2. Mục tiêu của luận án

Làm sáng tỏ điều kiện hình thành và vận động của hệ thống thủy địa nhiệt trên cơ sở phân tích các đặc điểm địa chất và địa hóa nguồn địa nhiệt Mỹ Lâm, tỉnh Tuyên Quang.

3. Nhiệm vụ của luận án

- Nghiên cứu, phân tích các đặc điểm: địa chất, thành phần hóa học dung dịch địa nhiệt phục vụ xác định các đặc điểm địa hóa, đặc trưng vật lý của nguồn nước địa nhiệt Mỹ Lâm.

- Nghiên cứu, luận giải nguồn gốc thành tạo, cơ chế vận động dung dịch nhiệt của nguồn nước nóng Mỹ Lâm.

4. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

Đối tượng và phạm vi nghiên cứu: nguồn địa nhiệt Mỹ Lâm với những xuất lộ trực tiếp và trong lỗ khoan nước nóng số 13 tại khu vực xã Mỹ Lâm, huyện Yên Sơn, tỉnh Tuyên Quang, nằm cách thành phố Tuyên Quang 14 km về phía Tây Nam và cạnh quốc lộ 37 thuộc xã Phú Lâm, huyện Yên Sơn. Vị trí của nguồn địa nhiệt này (vị trí đặt lỗ khoan 13-ML.13) có toạ độ: 21°46'03"-105°07'31".

5. Luận điểm bảo vệ

Luận điểm của nghiên cứu này gồm hai vấn đề chính như sau:

- Luận điểm 1: Hệ thống địa nhiệt Mỹ Lâm được cung cấp nhiệt bởi hoạt động magma và biến chất của đới Lô Gâm liên quan tới các hoạt động phá hủy kiến tạo lớn trong khu vực của đới đứt gãy sâu Sông Hồng. Các hoạt động kiến tạo này được dự báo trong khoảng thời gian từ Kainozoi trở lại đây. Hệ thống địa nhiệt Mỹ Lâm với biểu hiện nhiệt độ xuất lộ bề mặt của dung dịch địa nhiệt là 65,5oC được dự báo có nhiệt độ bồn chứa trong khoảng nhiệt độ 159oC đến 258oC (trung bình xấp xỉ 208oC tính theo các địa nhiệt kế).

- Luận điểm 2: Nước khoáng nóng Mỹ Lâm có nguồn gốc khí tượng (do nước lạnh trên bề mặt cung cấp), được xếp vào loại nước khoáng Sulfur-Hydro-silic-Fluor rất nóng và có kiểu hoá học là Bicarbonat-Natri. Nước khí tượng được cung cấp cho hệ thống địa nhiệt thông qua các hệ thống đứt gãy, khe nứt, hay lỗ hổng đất đá. Sau khi được làm nóng và gia tăng áp suất, dung dịch địa nhiệt vận động đi lên bề mặt đất hiện nay theo kênh dẫn là các hệ thống đứt gãy phương gần Bắc-Nam và phương Đông Bắc-Tây Nam, một loại đứt gãy thứ sinh của đới đứt gãy sâu Sông Hồng.

6. Những điểm mới của luận án

Khác với các nghiên cứu đã thực hiện trước đó đối với khu vực nguồn địa nhiệt Mỹ Lâm, luận án đã tiến hành nghiên cứu, xác định rõ:

1) Luận án xác lập được kiểu hình cấu trúc địa chất - hệ địa hóa đặc trưng theo nhiệt độ của dung dịch thủy địa nhiệt khu vực nghiên cứu, với cách tiếp cận mới theo mô hình 2G (Geology -Geochemistry), trên cơ sở áp dụng các phương pháp nghiên cứu mới như:

- Phương pháp địa nhiệt kế SiO_2 , địa nhiệt kế theo các cặp cations tương ứng phục vụ tính toán, xác định nhiệt độ nguồn;

- Nhóm phương pháp xác định nguồn gốc trên cơ hệ cân bằng địa hóa, phương pháp xác định nguồn gốc dung dịch địa nhiệt dựa vào các đồng vị bền;

- Các phương pháp xác định mực trộn lẫn dựa vào cân bằng địa hóa các cations và anions.

2) Xem xét mối tương quan giữa đặc điểm địa chất địa nhiệt với đặc điểm địa hóa dung dịch địa nhiệt để luận giải nguồn gốc của nước khoáng nóng lộ trên bề mặt.

7. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn

- Ý nghĩa khoa học: Góp phần hoàn thiện cơ sở lý luận minh chứng cho mô hình 2G: địa chất - địa hóa (Geology-Geochemistry) trong nghiên cứu, đánh giá đặc điểm; luận giải nguồn gốc; và đánh giá được tiềm năng năng lượng địa nhiệt cho một nguồn địa nhiệt lớn trong vỏ trái đất.

- Về mặt kinh tế xã hội: Nước khoáng nóng và nhiệt năng cung cấp bởi nước khoáng nóng hiện nay đang được coi như một nguồn năng lượng tái tạo, là nguồn lợi cho phát triển kinh tế gắn với ngành du lịch như tắm khoáng, sauna (chữa bệnh), sản xuất nước khoáng, nuôi trồng thủy sản-cây nông nghiệp chất lượng cao hay sản xuất điện năng.

- Về mặt thực tiễn: Tỉnh Tuyên Quang đang khai thác nước khoáng nóng phục vụ du lịch, nghỉ dưỡng, rất cần làm rõ bản chất, quy mô để có định hướng khai cho các mục đích khác nhau ở quy mô lớn, phục vụ phát triển bền vững.

8. Cơ sở tài liệu

Luận án được xây dựng trên cơ sở tài liệu tự thu thập của nghiên cứu sinh, các kết quả từ việc triển khai các hoạt động khảo sát thực tế và trong quá trình tham gia các đề tài, dự án khác nhau, cụ thể:

- Nghiên cứu sinh kết hợp với các nhà khoa học thuộc Khoa Địa chất-Trường Đại học Khoa học Tự nhiên (ĐHQGHN), Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản (Bộ Tài nguyên và Môi trường), Viện Địa chất (Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam) tiến hành khảo sát thực địa tại khu vực lỗ khoan 13 (tại thời điểm khảo sát năm 2017), nơi đang tiến hành khai thác nước khoáng nóng cho sử dụng trực tiếp trong tắm khoáng, sản xuất nước uống đóng chai, chữa bệnh, dùng thay nước uống của người dân, chính quyền khu vực. Các mẫu nước khoáng thu thập tại khu vực nghiên cứu dùng cho xác định các đặc điểm hoá học, địa hoá của dung dịch nhiệt tại đây;

- Các số liệu thu thập thông qua quá trình khảo sát, phỏng vấn, thu thập dữ liệu từ Sở Tài nguyên và Môi trường tỉnh Tuyên Quang, Ủy ban Nhân dân khu vực xã Mỹ Lâm, huyện Phú Lâm và lân cận;

- Triển khai phân tích các mẫu nước theo các chỉ tiêu tại Viện Hoá học - Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam; Phòng Thí nghiệm trọng điểm cấp Đại học Quốc gia Hà Nội “Địa chất môi trường và Thích ứng Biến đổi Khí hậu” của Khoa Địa chất, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQGHN thông qua các hệ thống thiết bị đo cầm tay hiện trường, hệ thống Quang phổ hấp thụ nguyên tử AAS, hoặc hệ thống ICP-OES;

- Các số liệu phân tích đồng vị bền từ mẫu thu thập tại hiện trường và gửi đi phân tích tại Reykjavik, Iceland;

- Các số liệu từ quá trình tham gia đề tài cấp nhà nước: “Nghiên cứu, đánh giá tổng thể tiềm năng các bồn địa nhiệt vùng Tây Bắc” mã số KHCN-TB.01T/13-18 do PGS.TS. Vũ Văn Tích làm chủ nhiệm. Trong đó, nghiên cứu sinh tham gia với tư cách thư ký khoa học.

Trong quá trình thực hiện luận án, nghiên cứu sinh đã tham gia nghiên cứu trong các công trình công bố trong 02 bài báo khoa học đăng trên hội thảo Quốc tế uy tín có phản biện, 01 chương sách của tạp chí Springer, 01 bài trên hội thảo địa nhiệt thế giới, 02 bài báo đăng tại tạp chí Khoa học của

Đại học Quốc gia Hà Nội, 01 đơn hợp lệ và đã được đồng ý cấp bằng độc quyền giải pháp hữu ích của Cục sở hữu trí tuệ-Bộ Khoa học Công nghệ.

Ngoài ra, nghiên cứu sinh còn tham khảo một số các công trình nghiên cứu về vấn đề địa nhiệt trong và ngoài nước khác nhau - những công trình đã được nghiên cứu sinh đã liệt kê trong phần tài liệu tham khảo của luận án.

9. Cấu trúc của luận án

Luận án được trình bày trong 136 trang đánh máy, gồm 45 hình, 18 bảng minh họa. Ngoài phần mở đầu, kết luận, tài liệu tham khảo cấu trúc của luận án gồm 04 chương:

Chương 1: Tổng quan về địa nhiệt và phương pháp nghiên cứu

Chương 2: Đặc điểm địa chất - địa nhiệt khu vực nguồn địa nhiệt Mỹ Lâm

Chương 3: Đặc điểm địa hoá địa nhiệt nguồn địa nhiệt Mỹ Lâm

Chương 4: Đặc điểm nguồn gốc nguồn địa nhiệt Mỹ Lâm

Chương 1:

TỔNG QUAN VỀ ĐỊA NHIỆT VÀ CÁC PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

1.1. CƠ SỞ LÝ THUYẾT VỀ ĐỊA NHIỆT

1.1.1. Địa nhiệt

Địa nhiệt là nguồn năng lượng dạng nhiệt tập trung một cách dị thường trong vỏ Trái Đất [10], [16]–[18]. Nguồn nhiệt lượng này được thoát ra và lộ lên mặt đất khi chúng được truyền dẫn qua các tầng đất đá trên đường dịch chuyển lên phía trên bề mặt đất và tồn tại dưới dạng khối đất, đá nóng, bùn nóng, hơi nóng hoặc nước nóng (dung dịch nhiệt).

Các biểu hiện xuất lộ trên bề mặt của địa nhiệt là rất đa dạng, có thể chỉ là một điểm bùn nóng, có thể chỉ là điểm nước khoáng nóng hoặc hơi

khí nóng phun lên từ dưới mặt đất. Tuy nhiên, để thu được nhiệt từ dưới bề mặt cần sự hiện diện của một chất lưu [14], [22]. Nhiệt độ của chất lưu và phương thức vận động (chất lưu vận động đối lưu hoặc truyền dẫn nhiệt giữa các tầng) là một trong những nhân tố quan trọng trong xác định và phân loại các bồn chứa địa nhiệt.

1.1.2. Nguồn gốc của địa nhiệt

Các kết quả nghiên cứu cho thấy địa nhiệt là nhiệt lượng được phát sinh và lưu giữ trong lòng trái đất từ các nguồn gốc như sau [10], [18]:

- Nhiệt tồn dư tự nhiên của Trái đất: được lưu giữ ở bên trong Trái đất với nhiệt độ rất cao (khoảng 2500°C) và giảm dần từ bên trong ra bên ngoài của trái đất. Quy luật này được thể hiện theo địa nhiệt cấp, diễn giải theo địa nhiệt cấp (gradient địa nhiệt), trung bình cứ xuống sâu 100m nhiệt độ Trái đất tăng lên $2,5\text{--}3^{\circ}\text{C}$.

- Nhiệt được phát sinh do quá trình nguội lạnh của khối dung nham magma: do không thoát ra được bề mặt nên magma nằm lại trong lớp vỏ Trái đất và nguội dần, tỏa nhiệt sang xung quanh làm cho các lớp đất đá xung quanh nóng lên.

- Nhiệt được sinh ra do quá trình phân rã của các quá trình phóng xạ của các nguyên tố phóng xạ trong các đá: trên thực tế, tất cả các mô hình nhiệt được mô phỏng của Trái đất là nguồn nhiệt liên tục được tạo ra bởi sự phân rã của các đồng vị phóng xạ tồn tại lâu đời của Uranium (U^{238} , U^{235}), thorium (Th^{232}) và kali (K^{40}) hiện diện trên Trái đất [3], [23], [24].

- Hoạt động của đứt gãy hiện đại là kênh dẫn dòng nhiệt và hơi nóng trong lòng đất lên bề mặt [25].

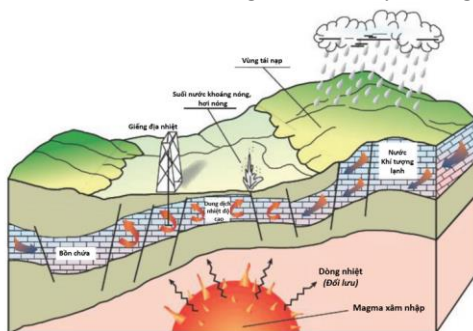
1.1.3. Các cơ chế xuất lộ địa nhiệt

Cơ chế hoạt động và các biểu hiện của các hệ thống địa nhiệt biểu thị cho đặc trưng các hoạt động địa chất khu vực trong đó bao

gồm các yếu tố như đặc điểm thạch học, đứt gãy, các trường ứng suất... Chế độ nhiệt và dòng nhiệt, chế độ địa chất thủy văn, động lực học chất lỏng, hóa học chất lỏng, đứt gãy, chế độ ứng suất và trình tự thạch học đều được kiểm soát bởi các vận động kiến tạo mảng hoặc quá trình hoạt động của magma là những thông tin quan trọng trong việc nghiên cứu các hệ thống địa nhiệt [26]. Các hoạt động của các hệ thống địa nhiệt bị chi phối bởi hai chế độ chính là truyền nhiệt theo cơ chế đối lưu hoặc dẫn nhiệt [26].

1.2. CÁC YẾU TỐ ĐỊA CHẤT ĐỊA NHIỆT

Các hệ thống địa nhiệt trên thực tế được cấu thành từ bốn yếu tố chính: nguồn nhiệt, bồn chứa, tầng chứa-tầng chắn bao quanh bồn địa nhiệt và kênh dẫn. Nguồn nhiệt cung cấp cho nguồn địa nhiệt có thể là do magma xâm nhập có nhiệt độ rất cao ở độ sâu khoảng 5-10 km; hoặc như trong một số hệ thống thủy địa nhiệt thông thường dựa theo gradient địa nhiệt [26], [34], [35]. Hình 1.1 là một sơ đồ mô tả đơn giản hóa của một hệ thống địa nhiệt lý tưởng [36].



Hình 1.1. Sơ đồ mô hình khái niệm về hệ thống địa nhiệt [36]

Nguồn nhiệt của hệ thống địa nhiệt phần lớn có nguồn gốc từ magma, phóng xạ, hoặc các hoạt động kiến tạo nằm dưới sâu của Trái đất. Chúng chủ yếu bao gồm nhiệt từ quá trình truyền dẫn, nguội lạnh của các đá magma, nhiệt trao đổi từ nguyên tố phóng xạ hoặc nhiệt được truyền dẫn vào các tầng

trầm tích, đất đá phía trên gần mặt đất [37].

Bồn địa nhiệt: Dung dịch địa nhiệt được lưu trữ trong các cấu trúc địa chất được các nhà khoa học gọi là bồn địa nhiệt. Các bồn địa nhiệt được cấu tạo bởi các thành tạo địa chất có độ xốp và tính thấm lớn [39].

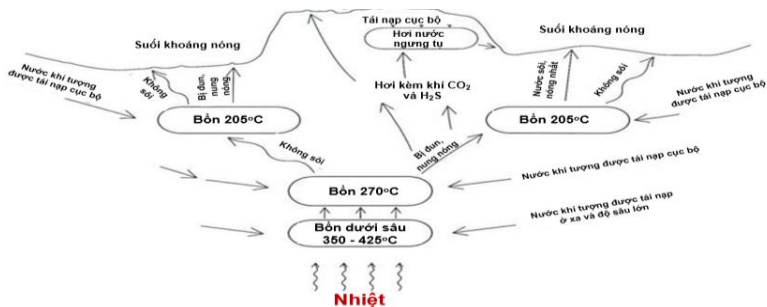
Tầng chắn là cấu trúc địa chất không thấm nước hoặc thấm yếu, có tác dụng cách ly bồn địa nhiệt khỏi sự trao đổi năng lượng với bên ngoài. Chúng chủ yếu đóng vai trò giữ nhiệt và cách nhiệt trong hệ thống địa nhiệt với các tầng địa chất khác bao quanh bồn địa nhiệt.

Các kênh dẫn của dung dịch địa nhiệt trong các hệ thống địa nhiệt chủ yếu là các đứt gãy. Chúng đóng vai trò như các kênh dẫn, chứ không phải là đứt gãy theo nghĩa rộng về địa chất. Những đứt gãy này nhìn chung có quy mô lớn, dẫn nước và dẫn nhiệt tốt, đáp ứng yêu cầu về không gian di chuyển của dung dịch địa nhiệt.

1.3. VẤN ĐỀ ĐỊA HÓA ĐỊA NHIỆT

a) Bản chất dung dịch địa nhiệt theo góc nhìn địa hoá nguồn gốc

Dung dịch địa nhiệt đóng vai trò quan trọng trong quá trình vận hành của hệ thống địa nhiệt vì chúng cần thiết cho việc truyền dẫn nhiệt từ bồn địa nhiệt lên các lớp vật chất phía trên và trên bề mặt. Khối lượng dung dịch địa nhiệt được hình thành (ít hay nhiều) góp phần quyết định liệu hệ thống địa nhiệt có khả năng khai thác kinh tế hay không. Hơn nữa, tính chất hóa học của dung dịch địa nhiệt có ảnh hưởng lớn đến hiệu suất và tuổi thọ của bồn địa nhiệt. Do vậy, điều quan trọng trong nghiên cứu địa nhiệt là phải hiểu rõ về nguồn gốc, thành phần hóa học, đặc tính nạp lại thậm chí là hàm lượng nước khí tượng được nạp vào bồn chứa dưới sâu.



Hình 1.2. Sơ đồ mô phỏng quá trình vận động của dung dịch nhiệt trong lòng đất của hệ thống thủy nhiệt [60].

b) Hành vi của dung dịch địa nhiệt trong phạm vi hệ thống địa nhiệt

Dung dịch địa nhiệt với nhiệt độ cao trong hệ thống địa nhiệt thông thường là kết quả từ sự tuần hoàn của nước khí tương di chuyển đến độ sâu của nguồn nhiệt, nơi chúng được làm nóng và đi lên bề mặt do áp suất tăng, nhiệt độ tăng và mật độ chất lỏng giảm. Phạm vi phân bố của khu vực xuất lộ bề mặt và không gian bồn chứa địa nhiệt dưới sâu phụ thuộc phần lớn vào các đặc điểm cấu trúc địa chất khu vực [61].

Việc một hệ thống địa nhiệt chiếm ưu thế bằng chất lỏng hay hệ thống địa nhiệt chiếm ưu thế bằng hơi hay là sự kết hợp của cả hai yếu tố trên phụ thuộc vào các đặc điểm địa chất-địa tầng, các hoạt động kiến tạo hoặc đặc biệt là các hoạt động của quá trình magma trong đó bao gồm năng lượng của nguồn nhiệt, cấu trúc các tầng chứa theo độ thấm cũng như mô hình đối lưu nước ngầm của các tầng chứa [71]–[74].

1.4. NGHIÊN CỨU ĐỊA NHIỆT Ở VIỆT NAM VÀ VÙNG MỸ LÂM

1.4.1. Lịch sử nghiên cứu về địa nhiệt tại Việt Nam

Tại Việt Nam hiện nay, các công trình nghiên cứu được triển khai liên quan đến lĩnh vực địa nhiệt hầu hết mới chỉ chủ yếu tập trung vào hai nhóm đối tượng chính đó là nghiên cứu về nước khoáng

nóng, và nghiên cứu năng lượng từ địa nhiệt dưới dạng một nguồn năng lượng tái tạo mới.

1.4.2. Lịch sử nghiên cứu, thăm dò nguồn địa nhiệt Mỹ Lâm

Nguồn địa nhiệt Mỹ Lâm được nghiên cứu bởi khá nhiều các tác giả, cơ quan khác nhau trong đó tiêu biểu theo tổng hợp đó là:

Năm 1982, Đoàn địa chất Thủy văn 47 đã tiến hành thăm dò nghiên cứu về nước khoáng nhằm đáp ứng yêu cầu mở rộng Viện Điều dưỡng nay là Bệnh viện suối khoáng Mỹ Lâm.

Ngoài ra, cũng vào năm 1999, Trung tâm Nghiên cứu Môi trường địa chất thuộc Trường Đại học Mỏ - Địa chất nghiên cứu đánh giá bổ sung trữ lượng nguồn nước khoáng Mỹ Lâm, báo cáo đã được Hội đồng Đánh giá trữ lượng khoáng sản Quốc gia phê duyệt trữ lượng tại Quyết định số 15/1999/QĐ-HĐĐGTLKS ngày 22/12/1999.

Nguồn nước khoáng nóng Mỹ Lâm cũng đã được tác giả Cao Duy Giang và các cộng sự [12] phân tích thành phần hóa học và phân loại.

1.5. CÁCH TIẾP CẬN CỦA LUẬN ÁN

Luận án tập trung vào việc xác định (1) đặc điểm hóa hoá học của nước khoáng nóng nguồn Mỹ Lâm; (2) mối liên quan của nước khoáng nóng với các yếu tố magma, kiến tạo; (3) qua đó luận giải nguồn gốc; và (4) các yếu tố địa chất khống chế, tác động đến vận động của nước khoáng nóng nguồn địa nhiệt Mỹ Lâm.

1.6. CÁC PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU - KỸ THUẬT SỬ DỤNG

Các phương pháp nghiên cứu, kỹ thuật sử dụng được thực hiện trong luận án dựa trên các cách tiếp cận nêu trên bao gồm:

- Phương pháp nghiên cứu tổ hợp thạch luận
- Phương pháp nghiên cứu địa chất cấu trúc
- Các phương pháp, kỹ thuật phân tích trong phòng thí nghiệm:

Kỹ thuật phân tích từ phương pháp Quang phổ hấp thụ nguyên tử

(AAS), Kỹ thuật phân tích từ phương pháp ICP-OES phân tích các ion Na^+ , K^+ , Li^+ , Phân tích Sắc ký ion: phân tích các anion, Phân tích đồng vị.

- Nhóm phương pháp xử lý, luận giải địa hoá dung dịch nhiệt:

- Phương pháp địa nhiệt kế: Địa nhiệt kế SiO_2 - Địa nhiệt kế cation (Na^+ , K^+ , Ca^+).

- Phương pháp xác định các loại dung dịch nhiệt theo biểu đồ tương quan ba hợp phần: Biểu đồ ba hợp phần Cl^- - SO_4^{2-} - HCO_3^- , Biểu đồ 3 hợp phần K - Na - $\text{Mg}^{1/2}$, Biểu đồ tương quan 3 hợp phần 3 thành phần Na-(K/Mg)-Ca.

- Phương pháp nghiên cứu mô hình pha trộn.

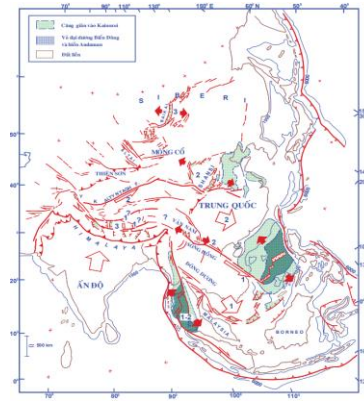
- Phương pháp nghiên cứu nguồn gốc dung dịch địa nhiệt dựa trên chỉ thị đồng vị bền.

Chương 2: ĐẶC ĐIỂM ĐỊA CHẤT - ĐỊA NHIỆT KHU VỰC MỸ LÂM

2.1. ĐẶC ĐIỂM ĐỊA CHẤT, KIẾN TẠO KHU VỰC NGHIÊN CỨU

2.1.1. Bối cảnh kiến tạo, địa động lực khu vực nghiên cứu và cơ chế phát sinh nguồn nhiệt

Khu vực nghiên cứu có xuất lộ nước khoáng nóng được nhận định theo phạm vi không gian dọc theo đới đứt gãy sâu Sông Hồng, và phản ánh có sự hiện diện của nguồn nhiệt dưới sâu. Cũng theo một số tài liệu kiến tạo đã được công bố, khu vực nghiên cứu thuộc vị trí quan trọng trong bối cảnh địa động lực của khu vực Đông Nam Á (Hình 2.1). Đây là khu vực chịu sự tác động mạnh mẽ bởi quá trình hội tụ và va chạm giữa hai mảng Ấn Độ với mảng Âu Á và quá trình tách giãn ở Biển Đông [113].



Hình 2.1. Sơ đồ cấu tạo thúc trôi và một số đứt gãy lớn khu vực phía Đông Á và Đông Nam Á [113].

Với bối cảnh kiến tạo nêu trên, có thể nhận định dự đoán rằng khối biến dạng dẻo đi cùng biến chất và magma trẻ đồng kiến tạo chính là nơi cung cấp nhiệt cho các đất đá trong khu vực, làm cho các trầm tích trước đó bị biến chất và biến đổi. Không loại trừ khả năng với một bộ phận nước dưới đất nay sát bề mặt khoảng 1 đến 2 km bị nung nóng tạo nên các bồn địa nhiệt dọc theo đới biến dạng dẻo sông Hồng.

2.1.2. Đặc điểm đứt gãy

Khu vực phân bố và biểu hiện của nguồn địa nhiệt Mỹ Lâm là nơi giao nhau của khá nhiều hệ thống đứt gãy trong vùng. Theo phương phát triển của các đứt gãy này, có thể xếp các đứt gãy vào 3 hệ thống chính như sau:

- + Hệ thống đứt gãy theo phương á vĩ tuyến, trong đó có đứt gãy (F3) đây là hệ thống đứt gãy sâu trong vùng, sự phát triển của chúng định hình cấu trúc khu vực

- + Hệ thống đứt gãy theo phương á kinh tuyến (F2, F5) là hệ thống đứt gãy trẻ trong khu vực, sự phát triển của chúng làm thay đổi kiến trúc khu vực đã định hình trước.

+ Hệ thống đứt gãy theo phương Đông Bắc - Tây Nam, (đứt gãy F1, F4) đây là hệ thống đứt gãy trẻ trong khu vực.

2.1.3. Đặc điểm địa tầng khu vực nghiên cứu

Căn cứ các tài liệu thu thập về địa chất, khu vực nghiên cứu tồn tại một số thành tạo địa chất (theo thứ tự từ cổ đến trẻ) như sau:

2.1.3.1. Hệ tầng Hà Giang (ϵ_2hg)

Căn cứ vào các kết quả khảo sát, và tài liệu đối chứng, khu vực nghiên cứu có xuất lộ các đá thuộc tập 2 và tập 3. Một số nét chính về đặc điểm địa chất của các đá thuộc tập 2, tập 3 như sau:

- Tập 2 (ϵ_2hg^2)

- Tập 3 (ϵ_2hg^3)

2.1.3.2. Hệ Đệ tứ ($a-apQ_2^3$)

Các trầm tích bờ rời hệ Đệ tứ phân bố ở trung tâm khu vực nguồn địa nhiệt, ở phần trũng thấp của địa hình, trong các thung lũng và bậc thềm của suối nước khoáng nóng, suối Vực Vại và ven theo chân đồi, đường khâu trong khu vực nguồn địa nhiệt. Thành phần gồm có cuội, cát, cát sét lẫn sạn sỏi, các mảnh vụn đá gốc và xác sinh vật có màu xám, vàng nhạt, kết cấu bờ rời. Chiều dày thay đổi từ 0,5m ÷ 15m, giảm dần về 2 phía Bắc và phía Nam khu vực nguồn địa nhiệt.

2.1.4. Đặc điểm magma khu vực nghiên cứu

Trong khu vực đã phát hiện các đá magma xâm nhập thuộc các phức hệ sau:

Phức hệ Loa Sơn (PyC_1ls): Thành tạo đá magma này chiếm 1 diện tích đáng kể, phân bố thành dải ở phía Nam khu vực nguồn địa nhiệt.

Phức hệ Núi Là ($\gamma\delta_1T_{1nl}$): Thành tạo đá magma này, chiếm diện tích khoảng 1,2km², phân bố tạo thành 1 khối khá đẳng thước ở phía Bắc khu vực nguồn địa nhiệt.

Phức hệ Phia Oắc (γK_2PO): Thành tạo này, gồm có vài ba khối nhỏ, diện tích hẹp khoảng 0,5ha; phân bố rải rác trong vùng.

2.2. ĐẶC ĐIỂM ĐỊA CHẤT THỦY VĂN KHU VỰC NGHIÊN CỨU

Khu vực nghiên cứu theo các phân vị địa chất thủy văn (ĐCTV) cụ thể như sau:

- + Tầng chứa nước lỗ hổng trầm tích Đệ tứ (qh).
- + Phức hệ chứa nước khe nứt trầm tích Cambri, thống giữa, hệ tầng Hà Giang.
- + Đới chứa nước khe nứt vỏ phong hóa đá magma Phức hệ Núi Là.

Chương 3: ĐẶC ĐIỂM ĐỊA HOÁ ĐỊA NHIỆT MỸ LÂM

Căn cứ các kết quả đối sánh có thể nhận thấy rằng, nước khoáng tại khu vực nguồn địa nhiệt Mỹ Lâm đạt tiêu chí định danh nước khoáng theo quy định tại thông tư số 52/2014/BTNMT. Hàm lượng các thành phần ion trong nước khoáng nóng của khu vực là tương đối ổn định. Căn cứ theo phân loại quy định tại thông tư số 52/2014/BTNMT, có thể định danh nước khoáng tại khu vực nguồn địa nhiệt Mỹ Lâm là nước khoáng thiên nhiên có độ khoáng hóa thấp, sulfuhydro-silic-flo, nóng.

Căn cứ các kết quả phân tích thành phần hàm lượng và việc áp dụng công thức Kurlov, nước khoáng nóng Mỹ Lâm theo đó được xếp vào loại kiểu hóa học Bicarbonat - Natri.

Dung dịch địa nhiệt Mỹ Lâm có độ khoáng hóa của chất lỏng khoảng 293.4 g/l gần tương đương với nguồn địa nhiệt Pác Ma 370.0 g/l, cao hơn nguồn Hung Hà vùng tây bắc Bắc Bộ.

Độ pH (6,9) được xác định với giá trị tương đương với một số nguồn khu vực Tây Bắc như nguồn Uva (Sam Múm - Điện Biên), Mường Lói 2 (Điện Biên) và nhỏ hơn tất cả các nguồn địa nhiệt khác ở tây bắc Bắc Bộ, bắc Trung Bộ, nam Trung Bộ.

Đối với tỷ số Na/Ca (45,2), tỉ lệ được tính toán tương đương với các

nguồn Quảng Ngần (39,2), Quảng Nguyên (38,3), Tongonan (Philippines). Hai nguồn Quảng Ngần, Quảng Nguyên được đánh giá là nguồn nhiệt với phân loại nước Bicarbonat-Natri.

Tỷ số Na/K (46,0) tương đương với nguồn Bình Châu, nguồn Tu Bông, Quảng Nguyên và cao hơn các nguồn khác ở tây bắc Bắc Bộ.

Chương 4: ĐẶC ĐIỂM NGUỒN GỐC NGUỒN ĐỊA NHIỆT MỸ LÂM

4.1. CÁC CHỈ THỊ ĐỊA HÓA NGUỒN GỐC CỦA NGUỒN ĐỊA NHIỆT MỸ LÂM

4.1.1. Các dữ liệu địa hóa nguồn gốc nguồn địa nhiệt Mỹ Lâm

Căn cứ các kết quả biểu thị nguồn gốc của dung dịch địa nhiệt theo tương quan của ba hợp phần Cl^- - SO_4^{2-} - HCO_3^- , dung dịch địa nhiệt Mỹ Lâm được biểu thị thuộc phân vùng của nước ngoại vi được cung cấp từ bề mặt, hay còn gọi là nước nóng có nguồn gốc khí tượng. Điều này chứng tỏ rằng, nước từ trên bề mặt đi xuống và được truyền nhiệt nóng lên do nhiệt cung cấp từ các tầng phía dưới chứ không phải trực tiếp từ dung dịch magma. Các điểm biểu diễn đều tập trung trong miền giàu hidrocarbonat tới 65-90%.

Bên cạnh đó, các kết quả thể hiện trong biểu đồ ba hợp phần K - Na - $\text{Mg}^{1/2}$ luận giải nguồn gốc cũng đã chỉ ra rằng nguồn nước khoáng Mỹ Lâm thuộc trường phân loại nước chưa trưởng thành. Điều này có nghĩa là nước ở điểm xuất lộ chỉ là hỗn hợp giữa dung dịch địa nhiệt từ bồn nhiệt đi lên và nước từ trên ngấm xuống nên chưa đạt được trạng thái cân bằng hoàn toàn.

4.1.2. Nguồn gốc của dung dịch địa nhiệt Mỹ Lâm dựa theo chỉ thị đồng vị bền

Theo biểu đồ thể hiện mối tương quan của cặp đồng vị δD và $\delta^{18}\text{O}$, điểm biểu diễn vị trí nguồn gốc của dung dịch địa nhiệt Mỹ

Lâm nằm trên đường nước nguồn gốc khí tượng (meteoric trend line). Với kết quả này, cho thấy dung dịch địa nhiệt khu vực Mỹ Lâm hoàn toàn có nguồn gốc từ trên bề mặt được nung nóng, sau đó khi đạt đủ điều kiện về nhiệt độ, áp suất thì đi lên bề mặt.

4.1.3. Kết quả nghiên cứu mức độ trộn lẫn

Các kết quả biểu diễn thành phần hoá học các nguyên tố, hợp chất trong dung dịch địa nhiệt Mỹ Lâm tại lỗ khoan LK13 (theo mẫu thu thập tháng 09/2023) với nước lạnh trong khu vực theo tính toán, mô phỏng pha trộn từ biểu đồ của Shoeller cho thấy dung dịch địa nhiệt Mỹ Lâm có hàm lượng Na, K, SiO₂, F cao hơn so với nước lạnh lấy tại khu vực. Trong khi đó, nước lạnh lại có Mg, HCO₃, SO₄ cao hơn khi so sánh với dung dịch địa nhiệt Mỹ Lâm. Điều này là hoàn toàn phù hợp với giả thuyết địa chất cũng như đặc điểm đặc trưng của hai loại nước này.

4.2. NHIỆT ĐỘ BỒN CHỨA DƯỚI SÂU NGUỒN ĐỊA NHIỆT MỸ LÂM

Ngoài ra, các kết quả biểu thị của biểu đồ 3 hợp phần Na-K/Mg-Ca cho thấy nhiệt độ nguồn cấp dưới sâu dao động trong khoảng 220°C - 250°C. Theo đó, đây được dự báo là khoảng nhiệt độ lý tưởng kết hợp cùng một số điều kiện như áp suất thúc đẩy việc đi lên bề mặt đất của dung dịch địa nhiệt Mỹ Lâm.

4.3. LUẬN GIẢI NGUỒN GỐC NGUỒN ĐỊA NHIỆT MỸ LÂM

Các kết quả phân loại nguồn địa nhiệt Mỹ Lâm trước đó đã định hướng rằng nước khoáng nóng tại nguồn này thuộc kiểu hoá học Bicarbonat – Natri tương tự một số nguồn khác như Bình Ca (Tuyên Quang); Hoàng Su Phì, Thông Nguyên, Quảng Ngần (Hà Giang)...[12], [13], [139], [150].

Một cách tổng thể từ góc nhìn này thì nước lạnh từ các nguồn cấp về cơ bản sẽ được ngấm, chảy xuống các tầng phía dưới tiến vào nguồn

nhiệt nhờ có hoạt động của kiến tạo hiện đại là dập vỡ kiến tạo và bị nung nóng dần lên đến mức sôi và bốc hơi. Tiếp theo đó, một lượng lớn anion HCO_3^- sẽ được hoà tan vào trong dung dịch nhiệt trong quá trình đi lên của chúng theo áp lực là khe nứt của đứt gãy trẻ. Điều này hoàn toàn trùng khớp với những nhận định của các nghiên cứu trước đó [12] rằng, các nguồn địa nhiệt vùng Đông Bắc Bộ, Việt Nam tồn tại và được chiếm ưu thế bởi các cặp ion $\text{HCO}_3^- - \text{Na}^+$; $\text{HCO}_3^- - \text{Na}^+ - \text{Ca}^{2+}$; $\text{HCO}_3^- - \text{SO}_4^{2-} - \text{Na}^+$; $\text{HCO}_3^- - \text{SO}_4^{2-} - \text{Ca}^{2+}$. Các nguồn đại diện cho loại hình dung dịch địa nhiệt này tiêu biểu phải kể đến như Mỹ Lâm, Bình Ca, Nàng Đôn, Thông Nguyên, Quảng Ngần, Nậm Am...

Ngoài ra, từ kết quả thể hiện trong biểu đồ ba hợp phần K - Na - $\text{Mg}^{1/2}$ thể hiện nguồn nước khoáng Mỹ Lâm thuộc khu vực nước chưa trưởng thành định hướng đến góc Mg. Điều này chứng tỏ quá trình cân bằng của dung dịch nhiệt dựa theo các tổ hợp cân bằng của ion Na^+ , K^+ trong các phản ứng trao đổi là chưa đủ về thời gian và điều kiện nhiệt độ của dung dịch nhiệt.

Các hoạt động biến chất trẻ khu vực, mà các biểu hiện là sự hình thành các đá hoa chứa ruby tại Việt Nam [128], [138], [155], [156] đồng thời sinh nhiệt, và truyền nhiệt cho các tầng chứa nước dưới đất tích tụ do sự di chuyển từ bề mặt xuống dẫn đến sự vận động của nước dưới đất khu vực này theo cơ chế tuần hoàn sâu. Sự gia tăng áp suất, nhiệt độ, theo đó, tạo động năng để dung dịch nhiệt tại bồn chứa dưới sâu đi lên trở lại mặt đất theo áp lực nhất định.

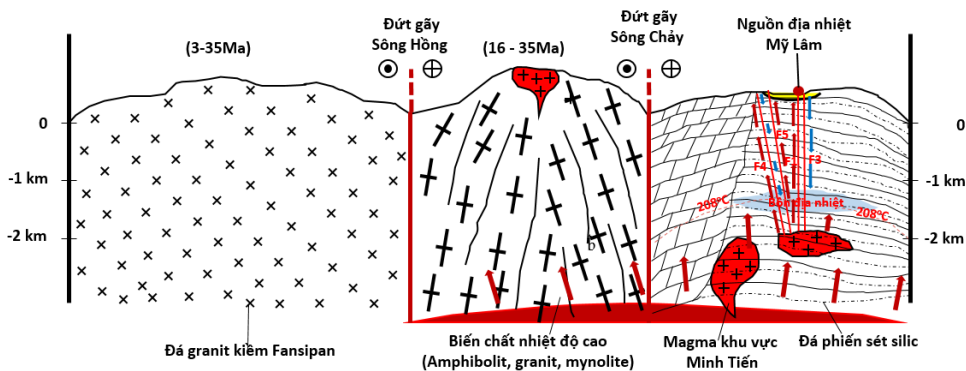
Vùng nghiên cứu có đủ điều kiện cho xuất hiện và vận động nước địa nhiệt nêu trên bởi trong nghiên cứu các điều kiện áp suất, nhiệt độ cho sự hình thành của ruby, tác giả Giulliani và cộng sự ước tính rằng, ruby tại khu vực Minh Tiến được hình thành từ đới đứt gãy sông Hồng trong khoảng thời gian từ 27 đến 32 triệu năm trước ở nhiệt độ $500^\circ\text{C} - 600^\circ\text{C}$, áp suất 3-5

kbars. Bên cạnh đó, các phân tích tuổi đồng vị theo phương pháp K-Ar trên khoáng vật feldspar lấy tại thân pegmatit thực hiện tại Phòng Thí nghiệm Địa Niên biểu thuộc Viện Nghiên cứu Khoa học Trái đất, Trường Đại học Tổng hợp Khoa học Okayama - Nhật Bản cũng cho kết quả tuổi 30.58 ± 0.67 triệu năm (theo Ngụy Tuyết Nhung và các cộng sự., 2008) [156]. Theo nhận định của nhóm tác giả, những số liệu này cho thấy trong sự thành tạo corindon có thể có vai trò của dòng dung dịch magma từ dưới sâu đi lên, liên quan với hoạt động của đứt gãy Sông Hồng trong pha kiến tạo Himalaya. Trong quá trình nguội lạnh và được làm mát, nước lạnh từ bề mặt đi xuống sẽ phản ứng với corindon để tạo thành diaspor ở một mức nhiệt nào đó tùy thuộc theo độ hoạt tính của nước dưới đất. Đường cong trạng thái cân bằng giữa chất lỏng, diaspor và corindon trong khoảng $150^{\circ}\text{C} - 250^{\circ}\text{C}$. Điều này hoàn toàn tương đồng với các kết quả ước tính nhiệt độ của nguồn địa nhiệt từ các địa nhiệt kế (nhiệt độ trong khoảng 159°C đến 258°C , trung bình khoảng 208°C).

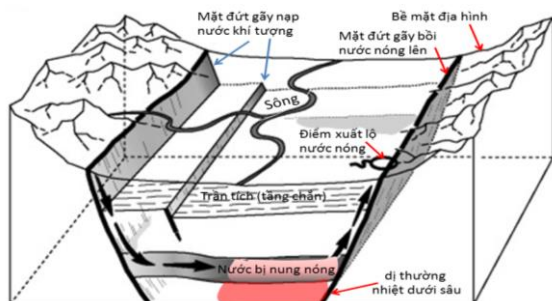
4.4. MÔ HÌNH, CƠ CHẾ HOẠT ĐỘNG CỦA BỒN ĐỊA NHIỆT MỸ LÂM

Như vậy, đối chiếu với các kết quả luận giải nguồn gốc theo các kết quả nghiên cứu đặc điểm địa chất - kiến tạo của khu vực, các kết quả tính toán nhiệt độ bồn chứa dưới sâu, các chỉ thị địa hóa nguồn gốc, có thể đi đến nhận định rằng nguồn địa nhiệt Mỹ Lâm được hình thành bởi nhiệt sinh ra từ đới phá hủy kiến tạo được tạo nên bởi hệ thống các đứt gãy địa phương trong khu vực. Nước khoáng nóng Mỹ Lâm thuộc loại nước có áp lực và nhiệt độ cao. Các đới dập vỡ nứt nẻ theo các hệ thống đứt gãy địa phương trong khu vực bố trong khoảng độ sâu $17\text{m} \div 132\text{m}$ có khả năng chứa nước tốt, dưới 132m đá cứng chắc, ít nứt nẻ, mức độ chứa nước từ kém đến rất kém.

Nguồn địa nhiệt Mỹ Lâm trên thực tế có nguồn gốc khí tượng tức là dung dịch địa nhiệt được hình thành từ nước lạnh (nước khí tượng) có nguồn gốc trên bề mặt hoặc các tầng chứa nước phía trên. Nước từ bề mặt được ngấm xuống thông qua các hệ thống đứt gãy, khe nứt, hay lỗ hổng của các tầng đất - đá phía trên bồn địa nhiệt. Sau đó, chúng được làm nóng, sự gia tăng áp suất là yếu tố khiến cho dung dịch địa nhiệt được đưa trở lại lên bề mặt theo cơ chế tuần hoàn sâu (chi tiết xem tại hình 4.9, hình 4.10). Trong quá trình đi lên, dung dịch địa nhiệt hòa tan một số thành phần - nguyên tố hóa học và suy giảm nhiệt độ. Các kết quả tính toán nhiệt độ bằng cách nội suy dựa theo các thành phần hóa học của dung dịch nhiệt chỉ ra rằng nhiệt độ nguồn cấp dưới sâu của nguồn địa nhiệt Mỹ Lâm nằm trong khoảng từ 159°C đến 258°C, trung bình khoảng 208°C.



Hình 4.1. Cơ chế hình thành, vận động của hệ địa nhiệt Mỹ Lâm



Hình 4.2. Mô phỏng cơ chế hình thành, vận động của hệ địa nhiệt Mỹ Lâm dựa theo kết quả của luận án.

4.5. KHẢ NĂNG KHAI THÁC, ỨNG DỤNG NĂNG LƯỢNG ĐỊA NHIỆT CỦA NGUỒN ĐỊA NHIỆT MỸ LÂM

4.5.1. Nhiệt năng có thể khai thác tại nguồn địa nhiệt Mỹ Lâm

Dựa theo “Các phương pháp đánh giá tài nguyên địa nhiệt khu vực” của Muffler và Cataldi [160], nhiệt tích giữ có thể khai thác của bồn địa nhiệt Mỹ Lâm đạt: $1,7 \cdot 10^{23} \text{kJ}$ [90]. Đồng thời, công suất khai thác năng lượng địa nhiệt cho phát điện tại nguồn địa nhiệt Mỹ Lâm theo dự báo là 9,7 Mwe [90]. Theo nhận định của luận án, nguồn địa nhiệt Mỹ Lâm được đánh giá là rất tiềm năng và có thể khai thác cho nhiều mục đích trực tiếp, gián tiếp khác nhau.

4.5.2. Đề xuất ứng dụng khai thác nguồn địa nhiệt Mỹ Lâm

Trong khuôn khổ thực hiện, luận án tiến hành đề xuất khai thác ứng dụng của địa nhiệt tại bồn địa nhiệt Mỹ Lâm cho mục đích ngâm tắm chữa bệnh và du lịch nghỉ dưỡng bởi theo quan trắc tại lỗ khoan LK 13 tháng 9/2023.

KẾT LUẬN

Trên cơ sở các kết quả nghiên cứu đặc điểm và nguồn gốc của nguồn địa nhiệt Mỹ Lâm, tỉnh Tuyên Quang luận án đi đến một số

kết luận và kiến nghị như sau:

1- Nguồn địa nhiệt Mỹ Lâm với các biểu hiện của nước khoáng nóng xuất lộ bề mặt đo được nhiệt độ trung bình là 65,5°C. Chúng được bắt nguồn từ bồn chứa có sức nóng từ 159°C đến 258°C (trung bình khoảng 208°C). Về thành phần hóa học dung dịch nhiệt thuộc loại nước khoáng hoá thấp, với kiểu hoá học Bicarbonat-Natri, chứa sulfur-hydrosilic-fluor.

2- Dung dịch địa nhiệt Mỹ Lâm có nguồn gốc khí tượng (tức là do bề mặt cung cấp). Nguồn địa nhiệt Mỹ Lâm được hình thành bởi nhiệt sinh ra từ đới phá hủy kiến tạo được tạo nên bởi hệ thống các đứt gãy địa phương trong khu vực. Nước khoáng nóng Mỹ Lâm thuộc loại nước có áp lực và nhiệt độ cao. Các đới dập vỡ nứt nẻ theo các hệ thống đứt gãy địa phương trong khu vực bố trong khoảng độ sâu 17m ÷ 132m có khả năng chứa nước tốt, dưới 132m đá cứng chắc, ít nứt nẻ, mức độ chứa nước từ kém đến rất kém.

3- Cơ chế vận động của bồn địa nhiệt Mỹ Lâm: trong phạm vi phân bố của nguồn nhiệt, dung dịch địa nhiệt được hình thành từ nước lạnh (nước khí tượng) có nguồn gốc trên bề mặt hoặc các tầng chứa nước phía trên bồn. Trong đó, nước từ bề mặt được ngấm xuống thông qua các hệ thống đứt gãy, khe nứt, lỗ hổng của các tầng đất - đá phía trên bồn địa nhiệt. Và như một hệ quả, chúng được làm nóng, sự gia tăng tăng áp suất là yếu tố khiến cho dung dịch địa nhiệt được đưa trở lại lên bề mặt theo cơ chế tuần hoàn sâu.

(4) Lượng nhiệt tích giữ có thể khai thác của bồn địa nhiệt Mỹ Lâm đạt 1,7.10²³kJ, và công suất khai thác năng lượng địa nhiệt cho phát điện theo dự báo là 9,7 MWe. Ngoài ra, nguồn địa nhiệt Mỹ Lâm cung cấp tiềm năng lớn cho việc khai thác sử dụng nước khoáng nóng cho mục đích du lịch sinh thái, phát triển các hệ thống cơ sở hạ tầng gắn với các khu dịch vụ nghỉ dưỡng...

DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC CỦA TÁC GIẢ LIÊN QUAN ĐẾN LUẬN ÁN

1. Hoàng Văn Hiệp, Trần Trọng Thắng, Đặng Mai, Vũ Văn Tích, Nguyễn Đình Nguyên, Phạm Xuân Ánh, Nguyễn Thị Oanh, Vũ Việt Đức (2016), “Đặc điểm địa hóa và nguồn gốc dung dịch địa nhiệt Mỹ Lâm, Tuyên Quang”, *Tạp chí khoa học ĐHQGHN: Các khoa học trái đất và môi trường*, Vol. 32, No. 2S, trang 81-95.
2. Trần Trọng Thắng, Vũ Văn Tích, Đặng Mai, Hoàng Văn Hiệp, Phạm Hùng Thanh, Phạm Xuân Ánh (2016), “Một số kết quả đánh giá tiềm năng năng lượng của các nguồn địa nhiệt triển vọng ở vùng trung du và miền núi phía Bắc”, *Tạp chí khoa học ĐHQGHN: Các khoa học trái đất và môi trường*, Vol. 32, No. 2S, trang 225-235.
3. V V Tich, T T Thang, N V Vuong, D X Thanh, H V Hiep, P H Thanh, P X Anh, V V Duc, N H Giang, N T Oanh (2019), “Active Tectonic Controls on Hydrothermal Flow in the Northern Part of Vietnam: Implications for The Geothermal Exploration at Uva geothermal reservoir in Dien Bien Phu Basin”, *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 249 012027.
4. Van Hiep Hoang, Van Tich Vu, Trong Thang Tran, Xuan Anh Pham, Thanh Tung Phan (2019), “Geothermal renewable energy in Vietnam: A current status overview and proposing solutions for development”, *Proceeding of the 1st International Conference on Economics, Development and Sustainability (EDESUS Proceeding 2019)*, https://doi.org/10.1007/978-3-030-81443-4_29. Online ISBN978-3-030-81443-4.
5. Hoang Van Hiep, Pham Xuan Anh, Phung Thi Nga (2019), “Tourism development on the basis of exploiting and utilizing geothermal renewable energy in the Northern part of Vietnam”. *Thanh Do University*.
6. Tran Trong Thang, Vu Van Tich, Pham Xuan Anh, Hoang Van Hiep (2020), “Quynh Phu-Hung Ha Geothermal System in Red river Delta, Vietnam: Geothermal Potential and Conceptual Model”, *Proceedings World Geothermal Congress 2020*, Reykjavik, Iceland, link online: <https://pangea.stanford.edu/ERE/db/WGC/papers/WGC/2020/11091.pdf>.
7. Hoàng Văn Hiệp, Vũ Văn Tích, Trần Quốc Cường, Đoàn Văn Tuyền (2023), Quy trình tính toán và lắp đặt hệ thống điều hoà không khí tiết kiệm điện sử dụng bơm nhiệt đất, *Bằng độc quyền Giải pháp hữu ích số 3375 (số đơn 2-2021-00537)* theo Quyết định cấp bằng số 70467/QĐ-SHTT ngày 20/9/2023.