

# Đặc điểm nguồn nước khoáng nóng kiềm thiên nhiên khu vực Đông Nam tỉnh Bạc Liêu

Trần Văn Đức<sup>1\*</sup>, Lê Tiến Dũng<sup>2</sup>, Trần Vũ Long<sup>3</sup>, Nguyễn Quang Trung<sup>4</sup>, Lâm Danh Nhân<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Trung tâm Hỗ trợ chuyển giao công nghệ, Cục Đổi mới sáng tạo, Bộ Khoa học và Công nghệ, 113 Trần Duy Hưng, phường Yên Hòa, Hà Nội, Việt Nam

<sup>2</sup>Công ty Cổ phần Tư vấn Tài nguyên và Môi trường Việt Nam, 10/M2, khu đô thị Yên Hòa, phường Yên Hòa, Hà Nội, Việt Nam

<sup>3</sup>Trường Đại học Mỏ - Địa chất, 18 phố Viên, phường Đông Ngạc, Hà Nội, Việt Nam

<sup>4</sup>Học viện Hành chính và Quản trị công, 36 Xuân La, phường Xuân Đình, Hà Nội, Việt Nam

<sup>5</sup>Sở Khoa học và Công nghệ Bạc Liêu, 16 Cù Chính Lan, phường Bạc Liêu, tỉnh Cà Mau, Việt Nam

Ngày nhận bài 24/5/2024; ngày chuyển phân biện 27/5/2024; ngày nhận phân biện 24/6/2024; ngày chấp nhận đăng 28/6/2024

## Tóm tắt:

Nguồn nước khoáng nóng (NKN) khu vực Đông Nam tỉnh Bạc Liêu (nay thuộc tỉnh Cà Mau) được phân bố có quy luật trong mối liên quan nguồn gốc với các nguồn địa nhiệt và các đứt gãy sâu trong lịch sử phát triển của bồn trũng Kainozoi Cửu Long. Định danh nguồn NKN: nước khoáng thiên nhiên, khoáng hoá thấp, radon, radi, nóng. NKN khu vực Đông Nam tỉnh Bạc Liêu có chất lượng tốt, đáp ứng nhu cầu ăn uống, đóng chai và ngâm tắm. Ngoài ra, đây là loại NKN có tính độc đáo trên lãnh thổ Việt Nam, với độ pH cao, thuộc nguồn NKN thiên nhiên có tính kiềm, được xem là một loại hình tài nguyên tự nhiên mang tính đặc thù, có thể được khai thác phục vụ phát triển du lịch. Với đặc điểm phân bố nguồn NKN ở cụm Hưng Hội (độ sâu 100-120 m) và Vĩnh Trạch Đông (độ sâu 105-120 m) thuộc khu vực Đông Nam Bạc Liêu, nguồn NKN kiềm thiên nhiên có chất lượng tốt và nhiều đặc tính ưu việt, cần được tiếp tục quan tâm nghiên cứu và sử dụng hợp lý.

**Từ khóa:** nước khoáng kiềm, nước khoáng kiềm thiên nhiên, nước khoáng nóng, nước khoáng thiên nhiên, nước kiềm.

**Chỉ số phân loại:** 1.5, 2.7

## Features of natural alkaline hot spring water in the Southeastern area of Bac Lieu province, Vietnam

Van Duc Tran<sup>1\*</sup>, Tien Dung Le<sup>2</sup>, Vu Long Tran<sup>3</sup>, Quang Trung Nguyen<sup>4</sup>, Danh Nhan Lam<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Vietnam Technology Transfer Center, State Agency Innovation, Ministry of Science and Technology, 113 Tran Duy Hung Street, Yen Hoa Ward, Hanoi, Vietnam

<sup>2</sup>Vietnam Consultant Resources and Environment Joint Stock Company, 10/M2, Yen Hoa Urban Area, Yen Hoa Ward, Hanoi, Vietnam

<sup>3</sup>Hanoi University of Mining and Geology, 18 Vien Street, Dong Ngac Ward, Bac Tu Liem District, Hanoi, Vietnam

<sup>4</sup>National Academy of Public Administration and Governace, 36 Xuan La Street, Xuan Dinh Ward, Hanoi, Vietnam

<sup>5</sup>Bac Lieu Department of Information and Communications, 16 Cu Chinh Lan Street, Bac Lieu Ward, Ca Mau Province, Vietnam

Received 24 May 2024; revised 24 June 2024; accepted 28 June 2024

## Abstract:

The hot mineral water sources in the southeastern region of Bac Lieu province (now is Ca Mau province) are distributed systematically, linked to their origins with magma heat sources and deep faults in the development history of the Cuu Long Cenozoic basin. Identification of hot mineral water sources: natural mineral water, low mineralisation, radon, radium, hot. The hot mineral water in the southeastern region of Bac Lieu province has good quality, meeting the needs for drinking, bottling, and bathing. Additionally, this is a unique type of hot mineral water in Vietnam, characterised by its naturally high pH, making it an alkaline natural hot mineral water source, which can be exploited for tourism development. With the characteristics of hot mineral water distribution in Hung Hoi cluster (at a depth of 100-120 m) and Vinh Trach Dong cluster (at a depth of 105-120 m), the natural alkaline hot mineral water sources have good quality and many superior characteristics, highlighting its value and the need for further research and rational use strategies.

**Keywords:** alkaline mineral water, alkaline water, hot mineral, natural alkaline mineral water, natural mineral water.

**Classification numbers:** 1.5, 2.7

\*Tác giả liên hệ: Email: tvduc@most.gov.vn

## 1. Đặt vấn đề

Nước khoáng nóng (NKN) và nước kiềm tự nhiên là một loại tài nguyên khoáng sản có nhiều ứng dụng trong đời sống. Hiện nay, điều kiện nền kinh tế cả nước nói chung và Bạc Liêu nói riêng đang phát triển, mức sống ngày càng tốt hơn, nguồn NKN là một trong các nguồn tài nguyên có giá trị sử dụng.

Quy định về Phân cấp trữ lượng và cấp tài nguyên nước khoáng, nước nóng thiên nhiên năm 2014 của Bộ Tài nguyên và Môi trường (nay là Bộ Nông nghiệp và Môi trường), “nguồn nước khoáng thiên nhiên” là nước thiên nhiên dưới đất được thành tạo và chứa trong một cấu trúc địa chất có đặc điểm địa chất, địa chất thủy văn thuận lợi cho việc hình thành, tích tụ, vận động của nước; có thành phần khoáng chất và các tính chất hóa học, vật lý, vi sinh, độ tinh khiết nguyên thủy ổn định theo thời gian, đáp ứng tiêu chuẩn, quy chuẩn kỹ thuật Việt Nam hoặc tiêu chuẩn nước ngoài được phép áp dụng tại Việt Nam. Nguồn nước nóng thiên nhiên là nước thiên nhiên dưới đất được thành tạo và chứa trong một cấu trúc địa chất có đặc điểm địa chất, địa chất thủy văn thuận lợi cho việc hình thành, tích tụ, vận động của nước; có nhiệt độ lớn hơn hoặc bằng 30°C, đáp ứng tiêu chuẩn, quy chuẩn kỹ thuật Việt Nam hoặc tiêu chuẩn nước ngoài được phép áp dụng tại Việt Nam [1].

Theo các nguồn tài liệu, nước kiềm alkaline (alkaline water) là loại nước có độ pH cao (pH>7), có nguồn gốc tự nhiên hoặc nhân tạo. NKN kiềm thiên nhiên là một loại nước có nguồn gốc địa chất, đáp ứng được yêu cầu chất lượng của nước khoáng, có độ pH tự nhiên trên 7, nhiệt độ trên 30°C [1].

Các kết quả nghiên cứu của đề tài khoa học và công nghệ cấp tỉnh “Nghiên cứu, xây dựng cơ sở dữ liệu về tài nguyên du lịch phục vụ phát triển bền vững du lịch tỉnh Bạc Liêu” lần đầu tiên ghi nhận và mô tả ở một số lỗ khoan của các hộ dân khu vực Đông Nam tỉnh Bạc Liêu. Bài viết cung cấp các thông tin bước đầu về nguồn tài nguyên thiên nhiên rất có giá trị của Bạc Liêu (nay thuộc tỉnh Cà Mau) trên cơ sở tổng hợp các kết quả nghiên cứu của đề tài và các nguồn tài liệu khác.

## 2. Phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Phương pháp khảo sát thực địa

Tiến hành các lộ trình khảo sát địa chất thủy văn, nghiên cứu các nguồn xuất lộ NKN nhân tạo, xác định đặc điểm các thành tạo đất đá, trong đó gồm các lỗ khoan của người dân và các trạm cấp nước thuộc Trung tâm Nước sạch và Vệ sinh môi trường nông thôn tỉnh Bạc Liêu.

### 2.2. Phương pháp lấy và phân tích mẫu

Quan trắc và lấy các mẫu nước trong các nguồn xuất lộ NKN nhân tạo; bơm thí nghiệm xác định lưu lượng, mức hạ thấp mực nước, quan sát và xác định nhiệt độ, pH; gửi mẫu đến các phòng thí nghiệm phân tích các chỉ tiêu theo các quy chuẩn về NKN, nước ăn uống và sinh hoạt, nước đóng chai, nước phục vụ ngâm tắm.

### 2.3. Phương pháp thu thập, tổng hợp tài liệu

Thu thập các tài liệu nghiên cứu và thông tin trong quá trình điều tra khảo sát, nghiên cứu, thí nghiệm thủy văn, các kết quả phân tích chất lượng nước. Các tài liệu thu thập chủ yếu thuộc dự án điều tra, tìm kiếm nguồn nước dưới đất tại các vùng núi cao, vùng khan hiếm nước tỉnh Bạc Liêu thuộc Chương trình: Điều tra, tìm kiếm nguồn nước dưới đất để cung cấp nước sinh hoạt ở các vùng núi cao, vùng khan hiếm nước năm 2020; các nguồn tài liệu trong Danh bạ các nguồn nước khoáng & nước nóng Việt Nam [2].

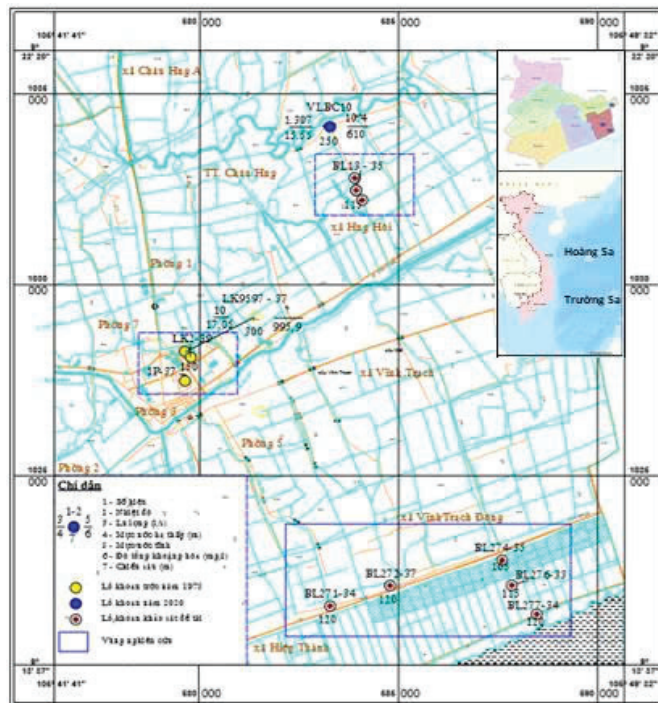
### 2.4. Phương pháp tổng hợp, so sánh và đánh giá

Tổng hợp các nguồn dữ liệu; tập hợp, thống kê kết quả phân tích, so sánh với các tiêu chuẩn, quy chuẩn đánh giá chất lượng theo mục đích sử dụng. Các quy chuẩn áp dụng gồm: Thông tư số 52/2014/TT-BTNMT của Bộ Tài nguyên và Môi trường, định danh các nguồn NKN; QCVN 6-1:2010/BYT và QCVN 01-1:2018/BYT.

## 3. Kết quả và bàn luận

### 3.1. Vị trí địa lý, lịch sử nghiên cứu, hiện trạng sử dụng nguồn nước

3.1.1. Vị trí địa lý: Khu vực nghiên cứu có diện tích khoảng 250 km<sup>2</sup>, phân bố trên 3 diện tích thuộc địa bàn xã Hưng Hội (huyện Vĩnh Lợi, trước sáp nhập), trung tâm TP Bạc Liêu (trước sáp nhập) và xã Vĩnh Trạch Đông (TP Bạc Liêu, trước sáp nhập) (hình 1). Đây là 3 khu tập trung các nguồn NKN, trong đó hai khu thuộc xã Hưng Hội (Vĩnh Lợi) và khu Vĩnh Trạch Đông (TP Bạc Liêu) do nhóm tác giả lần đầu tiên phát hiện và mô tả.



Hình 1. Vị trí địa lý khu vực Bạc Liêu và phân bố các nguồn nước khoáng nóng kiềm (trước sáp nhập).

3.1.2. *Lịch sử nghiên cứu:* Trong Danh bạ NKN [2] trên địa bàn tỉnh Bạc Liêu, đã đăng ký 4 nguồn NKN gồm:

(1) Nguồn nước Bạc Liêu 2, lỗ khoan LK2 phát hiện sớm nhất vào năm 1975, nằm trên khu nhà khách tỉnh thuộc TP Bạc Liêu. Nước tự chảy từ lỗ khoan sâu 150 m, lưu lượng 1,5 l/s. Các tính chất vật lý của nước: trong, không vị, hơi lợ, nhiệt độ 39°C, pH 7,5, độ khoáng hoá 1.197,83 mg/l (tổng ion).

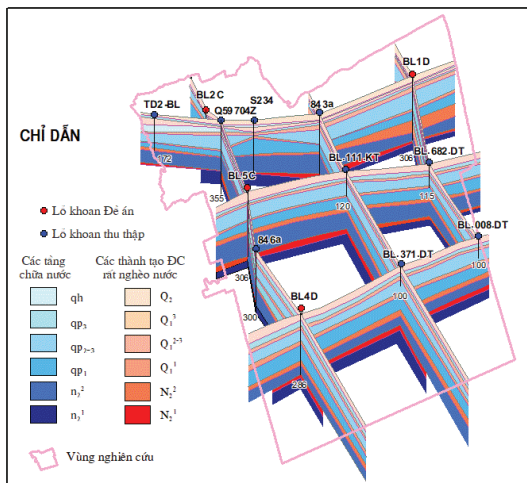
(2) Nguồn Bạc Liêu 1, lỗ khoan 9597 - II phát hiện năm 1982, trong lỗ khoan sâu 300 m khu vực TP Bạc Liêu. Lưu lượng 8,46-10 l/s, độ hạ thấp mực nước 13,45-17,05 m. Các tính chất vật lý: trong, không vị, nhạt, nhiệt độ: 37°C, pH 8,2, độ khoáng hoá 995,9 mg/l.

(3) Nguồn Bạc Liêu 3, lỗ khoan 1P cũng được phát hiện năm 1982. Các tính chất vật lý: trong, không mùi, không vị, hơi lợ, nhiệt độ: 37°C, pH 7,5, độ khoáng hoá 1197,83 mg/l (tổng ion).

(4) Nguồn NKN Phước Long trên địa bàn thị trấn Phước Long, huyện Hồng Dân. Phát hiện năm 1997, nước xuất hiện trong lỗ khoan sâu 258 m, lưu lượng 24,3 l/s, độ hạ thấp mực nước 4,95 m. Các tính chất vật lý: trong, không vị, nhạt, nhiệt độ: 37,5°C, pH 8,05, độ khoáng hoá 615 mg/l (cặn khô). Các điều tra chi tiết cho thấy, cả 4 nguồn NKN nêu trên đều chưa được khai thác sử dụng.

3.2. **Đặc điểm địa chất và địa chất thủy văn**

3.2.1. *Đặc điểm địa chất:* Cấu trúc địa chất khu vực Bạc Liêu (hình 2) đến chiều sâu 600 m, bao gồm các trầm tích Kainozoi.



Hình 2. Mặt cắt địa chất thủy văn khu vực TP Bạc Liêu (trước sáp nhập).

Các tầng trầm tích Kainozoi lộ ra trên bề mặt địa hình hiện đại: Toàn bộ bề mặt địa hình hiện đại phân bố các trầm tích Pleistocen thống thượng, hệ tầng Long Mỹ (am $Q_1^{3lm}$ ) và các trầm tích Holocen thống trung-thượng ( $Q_2^{2-3}$ ). Hệ tầng Long

Mỹ phân bố ở khu vực huyện Giá Rai và Vĩnh Lợi. TP Bạc Liêu gồm sét bột, cát xám trắng, sét bột cát loang lộ phân lớp xiên, sét bột loang lộ bị laterit hoá tương sông - biển, tổng chiều dày vào khoảng 29 m. Trầm tích Holocen ( $Q_2^{2-3}$ ) chiều dày từ 1-2 đến 4-5 m, chiếm diện tích lớn nhất gồm cát pha, sét pha và sét tương sông biển, biển - đầm lầy, sông - đầm lầy và tương biển. Đây là trầm tích không chứa nước. Riêng các cồn cát ven biển ( $mQ_2^3$ ) có chứa nước, nhưng với lưu lượng nhỏ, có thể khai thác phục vụ quy mô hộ hay cụm dân cư.

*Các trầm tích Kainozoi nằm phía dưới tầng phủ đến độ sâu 600 m:* Từ dưới lên trên, được mô tả trong hệ tầng Phụng Hiệp ( $N_3^{ph}$ ), hệ tầng Cần Thơ ( $N_1^{ct}$ ), hệ tầng Năm Căn ( $N_2^{nc}$ ), hệ tầng Cà Mau ( $Q_1^{cm}$ ), hệ tầng Long Toàn ( $Q_1^{2-3lt}$ ), hệ tầng Mỹ Tho ( $Q_1^{mt}$ ) và hệ tầng Long Mỹ ( $Q_2^{lm}$ ) [3]. Mức độ biến đổi hậu sinh của các tầng đất không đồng đều. Hệ tầng Phụng Hiệp và hệ tầng Cần Thơ nằm dưới cùng, gồm các cát kết, bột kết, sét bột kết biến đổi hậu sinh đến giai đoạn Diagenesis sớm (thành đá sớm). Các tầng nằm trên, gồm các trầm tích cát, bột, sét, các thấu kính cuối, sạn bờ rời chưa gắn kết. Riêng hệ tầng Long Toàn ( $Q_1^{lt}$ ) có thêm các lớp hoặc thấu kính thực vật hoá than bùn quy mô nhỏ.

*Tầng đá móng trước Kainozoi:* Trên địa bàn tỉnh Bạc Liêu chưa có lỗ khoan sâu nào gặp tầng đá móng trước Kainozoi. Lỗ khoan LK.216 trên địa bàn huyện Năm Căn (Cà Mau, trước sáp nhập) độ sâu 415 m gặp đá granit ở độ sâu khoảng 370 m. Trên vùng đảo Hòn Khoai, cách TP Bạc Liêu khoảng 130 km, khu vực Côn Đảo cách TP Bạc Liêu khoảng 120 km lộ ra các đá granit biotit và granit hornblende phức hệ Định Quán. Các tài liệu vừa nêu cho thấy, móng kết tinh của khu vực Bạc Liêu và Đồng bằng Nam Bộ có đặc điểm tương tự như địa khối Đà Lạt.

3.2.2. *Đặc điểm địa chất thủy văn:* Theo kết quả nghiên cứu điều tra, tìm kiếm nguồn nước dưới đất tại các vùng núi cao, vùng khan hiếm nước của Trung tâm Quy hoạch và Điều tra tài nguyên nước Quốc gia năm 2020 [4], trong vùng có các tầng chứa nước lỗ hổng xen kẽ với các tầng cách nước. Thành phần thạch học của các tầng chứa nước gồm các trầm tích hạt thô, cuội, sạn, cát; các tầng cách nước gồm sét, sét lẫn bột và sét cát. Trên địa bàn tỉnh Bạc Liêu, đã xác định 5 tầng chứa nước lỗ hổng, gồm: Pleistocen trên ( $qp_3$ ), Pleistocen giữa - trên ( $qp_{2-3}$ ), Pleistocen dưới ( $qp_1$ ), Pliocen giữa ( $n_2^2$ ), Pliocen dưới ( $n_2^1$ ). Tầng chứa nước Pleistocen trên ( $qp_3$ ): phân bố cục bộ, trên tổng diện tích 150,48 km<sup>2</sup>, không lộ ra trên mặt, bị thành tạo rất nghèo nước Pleistocen thượng ( $Q_1^3$ ) phủ trực tiếp lên trên, chiều sâu theo lỗ khoan từ 34,0 đến 86,0 m (trung bình 56,1 m). Các kết quả phân tích cho thấy, đây là tầng nước mặn. Tầng chứa nước Pleistocen giữa - trên ( $qp_{2-3}$ ): phân bố rộng khắp khu vực, chiều sâu theo các lỗ khoan từ 70,0 đến 124,0 m (trung bình 85,0 m), chất lượng nước tốt, sử dụng làm nước ăn uống và sinh hoạt. Tầng chứa nước Pleistocen dưới ( $qp_1$ ): cũng

phân bố rộng khắp trên toàn tỉnh, chiều sâu theo các lỗ khoan từ 122,0 đến 161,0 m (trung bình 130,6 m), chất lượng nước tốt. Hiện đã có nhiều giếng khoan sâu, khai thác sử dụng tầng chứa nước này phục vụ ăn uống sinh hoạt. Tầng chứa nước Pliocen giữa ( $n_2^2$ ): phân bố rộng khắp khu vực, chiều sâu theo các lỗ khoan khai thác từ 169,0 đến 198,0 m (trung bình 183,65 m), nước nhạt, chất lượng tốt, có thể sử dụng cho ăn uống, sinh hoạt. Tầng chứa nước Pliocen dưới ( $n_2^1$ ): phân bố khá rộng, mức độ chứa nước từ trung bình đến khá giàu, chiều sâu theo các lỗ khoan khai thác từ 261,4 đến 354,0 m (trung bình 307,7 m), chất lượng nước không đồng đều, đa số các lỗ khoan đều đạt yêu cầu cho ăn uống và sinh hoạt.

### 3.3. Đặc điểm các nguồn nước khoáng nóng khu vực Đông Nam tỉnh Bạc Liêu

3.3.1. Đặc điểm phân bố: Ngoài 4 nguồn NKN đã được đăng ký trong Danh bạ NKN Việt Nam [2], trong quá trình triển khai đề tài “Nghiên cứu, xây dựng cơ sở dữ liệu về tài nguyên du lịch phục vụ phát triển bền vững du lịch tỉnh Bạc Liêu”, nhóm tác giả đã khảo sát bổ sung một số nguồn NKN mới ở khu vực xã Hưng Hội và Vĩnh Trạch Đông. Vị trí các nguồn NKN Đông Nam Bạc Liêu được tổng hợp trên hình 1.

Theo không gian phân bố, nhận thấy có 3 cụm NKN, gồm cụm trung tâm TP Bạc Liêu, cụm Vĩnh Trạch Đông TP Bạc Liêu và cụm Hưng Hội huyện Vĩnh Lợi. Bảng 1 thống kê các nguồn NKNK Đông Nam Bạc Liêu.

**Bảng 1. Thống kê các dữ liệu về nguồn nước khoáng nóng khu vực Đông Nam tỉnh Bạc Liêu.**

| TT                               | Tên nguồn NKN | X       | Y         | H (m) | Độ sâu (m) | Nhiệt độ (°C) | Hiện trạng sử dụng | Nguồn tài liệu |
|----------------------------------|---------------|---------|-----------|-------|------------|---------------|--------------------|----------------|
| <b>Cụm Hưng Hội</b>              |               |         |           |       |            |               |                    |                |
| 1                                | BL13          | 583.930 | 1.032.472 | 0,5   | 115        | 35            | Ăn uống            | Đề tài         |
| <b>Cụm trung tâm TP Bạc Liêu</b> |               |         |           |       |            |               |                    |                |
| 2                                | LK9597        | 579.622 | 1.028.255 | 0,6   | 300        | 39            | Không sử dụng      | Danh bạ NKN    |
| 3                                | LK2           | 579.775 | 1.028.101 | 0,6   | 150        | 39            | Nt                 | Danh bạ NKN    |
| 4                                | LK 1P         | 579.624 | 1.027.487 | 0,6   |            | 37            | Nt                 | Danh bạ NKN    |
| <b>Cụm Vĩnh Trạch Đông</b>       |               |         |           |       |            |               |                    |                |
| 5                                | BL 271        | 583.276 | 1.021.591 | 2     | 120        | 34            | Ăn uống            | Đề tài         |
| 6                                | BL 272        | 584.783 | 1.022.123 | -     | 120        | 37            | Nt                 | Đề tài         |
| 7                                | BL 274        | 587.603 | 1.022.789 | -     | 105        | 35            | Nt                 | Đề tài         |
| 8                                | BL 276        | 587.845 | 1.022.130 | 1     | 115        | 33            | Nt                 | Đề tài         |
| 9                                | BL 277        | 588.473 | 1.021.373 | 1     | 120        | 34            | Nt                 | Đề tài         |

Số liệu bảng 1 cho thấy, các nguồn NKN đều được phát hiện trong các công trình khoan sâu; chiều sâu phân bố từ 105 đến 300 m, nhiệt độ dao động trong khoảng 33-39°C. Ba lỗ khoan trong cụm Trung tâm TP Bạc Liêu (số thứ tự 2, 3 và 4 bảng 1) được tham khảo từ Danh bạ NKN, nằm trong khu dân cư, đều chưa được khai thác sử dụng. Sáu lỗ khoan còn lại, mới được mô tả và phân tích, đang được khai thác sử dụng phục vụ cho ăn uống và sinh hoạt.

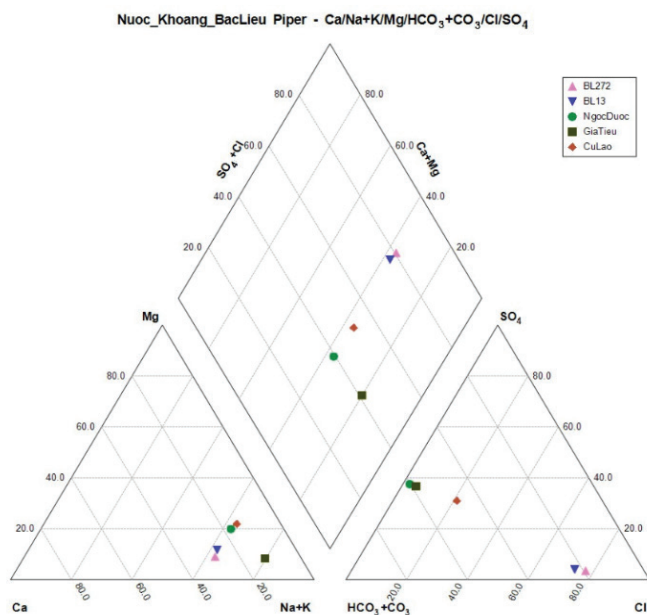
3.3.2. Đặc điểm chất lượng các nguồn nước khoáng nóng: Các kết quả phân tích các nguồn NKN khu vực Đông Nam Bạc Liêu từ các nguồn tài liệu tổng hợp tại bảng 2.

**Bảng 2. Tổng hợp các kết quả phân tích chất lượng nguồn nước khoáng nóng kiểm khu vực Đông Nam tỉnh Bạc Liêu.**

| TT | Thông số   | Đơn vị     | LK 9597 II                 | LK 2              | LK 1P      | BL272   | BL13    |
|----|--|------------|----------------------------|-------------------|------------|---------|---------|
|    |  |            | Cụm trung tâm TP Bạc Liêu* | Vĩnh Trạch Đông** | Hưng Hội** |         |         |
| 1  | pH   | -          | 8,2                        | 7,5               | 7,5        | 7,50    | 7,46    |
| 2  | Chỉ số pemanganat                                    | mg/l       |                            |                   |            | 3,65    | 3,14    |
| 3  | Tổng chất rắn hòa tan (TDS)                          | mg/l       | 1024,5                     | 1011,7            | 1176       | 648     | 542     |
| 4  | Độ cứng tổng số (tính theo CaCO <sub>3</sub> )       | mg/l       |                            |                   |            | 326     | 324     |
| 5  | Amoni (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> tính theo N)     | mg/l       |                            |                   |            | <0,01   | <0,01   |
| 6  | Nitrit (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ) (tính theo N) | mg/l       |                            |                   |            | <0,01   | <0,01   |
| 7  | Nitrat (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) (tính theo N) | mg/l       |                            |                   |            | 3,16    | 2,97    |
| 8  | Clorua (Cl)  | mg/l       | 155,98                     | 214,75            | 148,2      | 463,6   | 375,7   |
| 9  | Sulfat (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )              | mg/l       | 20,0                       | 104,11            | 102,7      | 26,88   | 26,54   |
| 10 | Xianua (CN <sup>-</sup> )                            | mg/l       |                            |                   |            | <0,002  | <0,002  |
| 11 | Asen (As)  | mg/l       | 0,001                      |                   |            | <0,001  | <0,001  |
| 12 | Cadimi (Cd)  | mg/l       |                            |                   |            | <0,0006 | <0,0006 |
| 13 | Chì (Pb)   | mg/l       |                            |                   |            | <0,004  | <0,004  |
| 14 | Crom VI (Cr <sup>6+</sup> )                          | mg/l       |                            |                   |            | <0,003  | <0,003  |
| 15 | Đồng (Cu)  | mg/l       |                            |                   |            | <0,1    | <0,1    |
| 16 | Kẽm (Zn)   | mg/l       |                            |                   |            | <0,1    | <0,1    |
| 17 | Mangan (Mn)  | mg/l       |                            |                   |            | <0,004  | <0,004  |
| 18 | Thủy ngân (Hg)                                       | mg/l       |                            |                   |            | <0,0005 | <0,0005 |
| 19 | Sắt (Fe)   | mg/l       |                            |                   |            | <0,1    | <0,1    |
| 20 | Natri (Na)   | mg/l       | 229,45                     | 330               | 263        | 327     | 349     |
| 21 | Kali (K)   | mg/l       |                            | 16,3              | 9,3        | 17      | 13      |
| 22 | Magie (Mg)   |            | 30,04                      | 23,1              | 25,28      |         |         |
| 23 | Tổng phenol  | mg/l       |                            |                   |            | KPH     | KPH     |
| 25 | Coliform   | MPN/100 ml |                            |                   |            | KPH     | KPH     |
| 26 | E. coli  | MPN/100 ml |                            |                   |            | KPH     | KPH     |
| 26 | Nhiệt độ   | (°C)       | 30,2                       |                   | 37         | 37      | 35      |

\*H.M. Tho (2019) [5]; \*\*Đề tài lấy mẫu và gửi phân tích tại Viện Khoa học và Kỹ thuật Hạt nhân.

Các chỉ tiêu thành phần hóa học thông thường: Bao gồm các chỉ tiêu màu sắc, độ đục, mùi vị, pH, tổng chất rắn hòa tan (TDS); các cation  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Fe^{+3}$ ; các anion  $Cl^-$ ,  $HCO_3^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $CO_2$  tự do, tổng độ cứng. Hình 3 trình bày thành phần hoá học của các nguồn NKN khu vực nghiên cứu trên biểu đồ Piper. Có thể thấy rằng, thành phần hoá học của các mẫu lấy ở các điều kiện và thời gian khác nhau, nhưng phân bố tập trung trong trường bicarbonat Na-K và clorua Na-K; kim loại kiềm (Na và K) có hàm lượng vượt trội so với kim loại kiềm thổ (Ca và Mg); các nguồn nước không bị pha trộn và không bị biến động theo thời gian.



Hình 3. Biểu đồ Piper các nguồn nước khoáng nóng khu vực Đông Nam tỉnh Bạc Liêu.

Định danh nguồn NKN: Theo Thông tư số 52/2014/TT-BTNMT của Bộ Tài nguyên và Môi trường, định danh các nguồn NKN khu vực Đông Nam tỉnh Bạc Liêu là NKN thiên nhiên, khoáng hóa vừa (bảng 3). Các kết quả phân tích cho thấy, hầu hết các nguồn NKN đều có độ pH > 7, hàm lượng tổng kiềm (Na+K) đến trên 345 mg/l. Do đó, định danh đầy đủ là NKN kiềm thiên nhiên khoáng hóa vừa.

Đánh giá khả năng sử dụng các nguồn NKN kiềm thiên nhiên khoáng hóa vừa làm nước uống đóng chai và ăn uống: Các kết quả phân tích cho thấy, cụm nước khoáng nóng kiềm Hưng Hội và Vĩnh Trạch Đông (BL13 và BL 271) đáp ứng các chỉ tiêu theo QCVN 6-1:2010/BYT và QCVN 01-1:2018/BYT; các chỉ tiêu đều nằm trong ngưỡng cho phép; độ pH > 7,0. Các nguồn NKN hiện hữu trong cụm Hưng Hội và Vĩnh Trạch Đông đủ tiêu chuẩn làm nước uống đóng chai và ăn uống.

Riêng cụm trung tâm TP Bạc Liêu, theo Danh bạ NKN, các mẫu phân tích có TDS khá cao, trên 1000 mg/l, vượt ngưỡng giới hạn cho phép.

Đánh giá khả năng sử dụng các nguồn nước khoáng nóng kiềm thiên nhiên khoáng hóa vừa cho ngâm tắm, nghỉ dưỡng: Theo tiêu chuẩn tạm thời NKN chữa bệnh Việt Nam áp dụng tại Hội đồng đánh giá trữ lượng khoáng sản [1], giới hạn dưới của một số chỉ tiêu của nước khoáng chữa bệnh như sau: độ khoáng hoá > 1000 mg/l; khí  $CO_2$  tự do > 500 mg/l; tổng  $H_2S+HS$  > 1 mg/l; nồng độ  $H_2SiO_3$  > 50 mg/l;  $Fe^{+2}+Fe^{+3}$  > 10 mg/l;  $As$  > 0,7 mg/l;  $Br$  > 5 mg/l;  $I$  > 1 mg/l;  $Rn$  > 1 nCi/l;  $Ra$  >  $10^{-11}$  g/l và nhiệt độ > 30°C. Theo đó, các nguồn NKN kiềm cụm Trung tâm TP Bạc Liêu đáp ứng đồng thời các chỉ tiêu nhiệt độ và tổng khoáng hóa; các nguồn Hưng Hội và Vĩnh Trạch Đông chỉ đáp ứng chỉ tiêu nhiệt độ.

Bảng 3. Định danh nguồn nước khoáng nóng Đông Nam tỉnh Bạc Liêu theo Thông tư số 52/2014/TT-BTNMT.

| TT | Chỉ tiêu định danh              | Giới hạn theo Thông tư số 52/2014/BTNMT | Định danh                      | LK 9597 II                  | LK 2   | LK 1P  | BL272                  | BL13                   | Kết quả đánh giá |
|----|---------------------------------|---|--------------------------------|-----------------------------|--------|--------|------------------------|------------------------|------------------|
|    |                                 |   |                                | Cụm trung tâm TP Bạc Liêu** |        |        | Vĩnh Trạch Đông**      | Hưng Hội**             |                  |
| 1  | Tổng chất rắn hòa tan (TDS)     | <50<br>≥50-500<br>≥500-1500<br>>1500    | Rất thấp<br>Thấp<br>Vừa<br>Cao | 1024,5                      | 1011,7 | 1176   | 648                    | 542                    | Vừa              |
| 2  | Khí $CO_2$ tự do (hòa tan)      | ≥500 mg/l                               | NK carbonic                    | 0,58                        | 1,18   | 2,2    | 95,24                  | 76,42                  |                  |
| 3  | Tổng hàm lượng ( $H_2S+HS$ )    | ≥1 mg/l                                 | NK sulphua                     | 0,41                        | 0,56   | 0,11   | 0,08                   | 0,14                   |                  |
| 4  | Hàm lượng ( $H_2SiO_3$ )        | ≥50 mg/l                                | NK silic                       | 13,42                       | 10,13  | 22     | 1,12                   | 0,91                   |                  |
| 5  | Hàm lượng ( $Fe^{2+}+Fe^{3+}$ ) | ≥10 mg/l                                | NK sắt                         | 0,81                        | 1,09   | 0,097  |                        |                        |                  |
| 6  | Hàm lượng (F)                   | ≥1,5 mg/l                               | NK flo                         | 0,05                        | 0,07   | 0,22   |                        |                        |                  |
| 7  | Hàm lượng Asen (As)             | ≥0,7 mg/l                               | NK asen                        | 0,001                       | 0,001  | <0,001 | <0,001                 | <0,001                 |                  |
| 8  | Hàm lượng Brom (Br)             | ≥5 mg/l                                 | NK brom                        | 0,31                        | 0,22   | 0,015  | 0,12                   | 0,05                   |                  |
| 9  | Hàm lượng Iod (I)               | ≥1 mg/l                                 | NK iot                         | 0,02                        | 0,042  | <0,001 | <0,01                  | <0,01                  |                  |
| 10 | Hàm lượng Radon (Rn)            | >1 nCi/l                                | NK radon                       | 0,017                       | 0,013  | 0,003  | 0,18                   | 0,12                   |                  |
| 11 | Hàm lượng Radi (Ra)             | > $10^{-11}$ g/l                        | NK radi                        | 0,113                       | 0,18   | 0,08   | $1,47 \times 10^{-13}$ | $1,05 \times 10^{-13}$ |                  |
| 12 | Nhiệt độ                        | ≥30°C                                   | Nước nóng                      | 30,5                        | 39     | 37     | 37°C                   | 35°C                   | Nước nóng        |

\*H.M. Tho (2019) [5]; \*\* Đề tài lấy mẫu và gửi phân tích tại Viện Khoa học và Kỹ thuật Hạt nhân, NK: nước khoáng.

**Nước kiềm và chỉ số kiềm của các nguồn NKN khu vực nghiên cứu:** Nước có tính kiềm (hay nước kiềm) được xác định dựa trên độ pH của nước. Chỉ số pH đo nồng độ của các ion hydro trong dung dịch và đánh giá xem nó có tính axit hay tính kiềm. Chỉ số pH càng lớn hơn 7 thì tính kiềm càng mạnh, pH14 là dung dịch có tính kiềm nhất. Ngược lại, độ pH<7 thì dung dịch có tính axit, pH0 là dung dịch có tính axit mạnh nhất. Nếu pH7 được xem là nước trung tính. Độ pH của nước tinh khiết được lọc qua công nghệ RO nằm ở phạm vi 6,5-7.

Hiện nay, ở Việt Nam chưa có các quy chuẩn cụ thể về nước kiềm thiên nhiên cũng như NKN kiềm thiên nhiên. Tuy nhiên, có thể nhận thấy, để sử dụng cho ăn uống và sinh hoạt, ngoài chỉ tiêu pH, các chỉ tiêu như chì, thủy ngân, arsenic, hoặc các hợp chất hóa học khác có hại cho sức khỏe phải đáp ứng các yêu cầu QCVN 6-1:2010/BYT và QCVN 01-1:2018/BYT.

Từ các nội dung vừa nêu, đối chiếu với các kết quả phân tích hiện có, nguồn NKN cụm Hưng Hội và Vĩnh Trạch Đông có đủ các tiêu chuẩn là nguồn NKN kiềm, khoáng hóa vừa, sử dụng cho ăn uống, đóng chai và chữa bệnh.

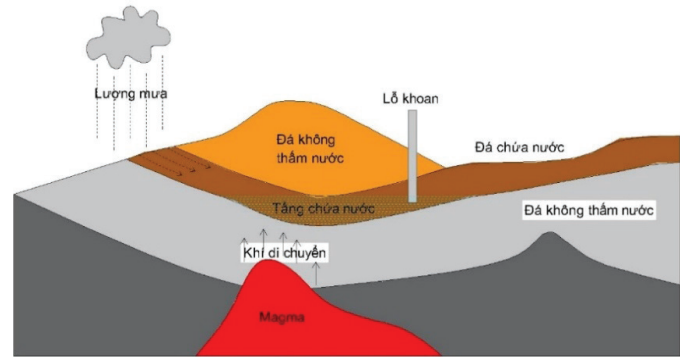
**Tài nguyên nguồn NKN kiềm khu vực Đông Nam tỉnh Bạc Liêu:** Theo kết quả khảo sát của đề tài, nguồn NKN kiềm khu vực Đông Nam Bạc Liêu rất phong phú, nhất là cụm Hưng Hội và Vĩnh Trạch Đông.

Cụm Hưng Hội, trên tuyến lỗ khoan chiều dài 300 m phương Bắc Nam có 4 lỗ khoan khai thác nguồn nước khoáng phục vụ cho ăn uống và sinh hoạt quy mô hộ gia đình. Chiều sâu các lỗ khoan dao động 100-120 m, mực nước tĩnh vào khoảng 10 m, tổng lưu lượng khai thác ổn định dao động 40-60 m<sup>3</sup>/h, mức hạ thấp mực nước 0,3-0,5 m. Qua 15 năm sử dụng, nhiệt độ các nguồn nước ổn định 34-37°C, chất lượng nước tốt, không mùi vị, không màu. Các thành viên của các hộ dân sử dụng nguồn nước đều có sức khỏe tốt. Cụm Vĩnh Trạch Đông phân bố trong diện tích khá lớn, dài kéo dài 4-5 km dọc theo tuyến đường Thuận Hòa đi Xiêm Cán. Từ nhiều năm nay, nguồn NKN được Trung tâm Nước sạch và Vệ sinh môi trường nông thôn TP Bạc Liêu khai thác làm nước sinh hoạt, bằng các lỗ khoan sâu 105-120 m, tổng lưu lượng ước tính khoảng 500 m<sup>3</sup>/h.

### 3.4. Nguồn gốc nước khoáng nóng khu vực Đông Nam tỉnh Bạc Liêu

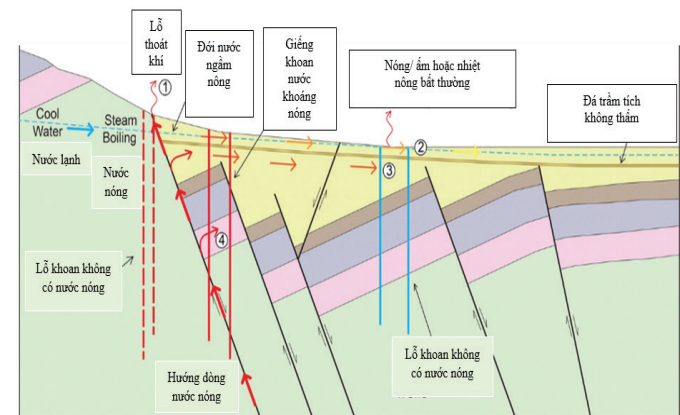
**3.4.1. Các mô hình nguồn gốc của nước khoáng nóng:** Các kết quả phân tích đồng vị oxy  $\delta^{18}O$  và hydro  $\delta^2H$  từ các nguồn NKN trên thế giới [6] cho thấy, đa số NKN được hình thành do sự trộn lẫn giữa nước khí tượng và nước nhiệt dịch nguồn magma với các tỷ lệ khác nhau. Nhiệt độ, thành phần hoá học của các nguồn NKN thay đổi từ nguồn này sang nguồn khác, thậm chí một nguồn NKN cũng thay đổi thành phần theo thời gian, theo mùa, bị ảnh hưởng bởi các nguồn nước ngầm bên cạnh. Các nguồn nhiệt tạo nên NKN gồm: nguồn nhiệt tàn dư của các khối magma, nguồn gradient địa nhiệt (geothermal), nguồn nhiệt do các phản ứng phân rã phóng xạ. Nước ngầm, nước mưa di chuyển xuống dưới sâu theo các đứt gãy kiến tạo.

Ở các độ sâu lớn của vỏ Trái đất, nước được đun nóng bởi các nguồn nhiệt và di chuyển ngược lên phần trên và tràn lên mặt đất. Con đường di chuyển xuống dưới sâu và ép đùn ngược lại lên phía trên thuận lợi nhất là các đứt gãy kiến tạo, nhất là các đứt gãy sâu có tính trượt bằng, đất đá bị biến dạng và nứt nẻ mạnh (hình 4).



Hình 4. Mô hình đơn giản giải thích nguồn gốc của nước khoáng nóng [6].

Các hợp chất hoá học có trong các nguồn NKN do nhiều nguyên nhân: được cung cấp bởi các khí hoặc dung dịch nhiệt dịch của magma trong quá trình kết tinh, trong quá trình biến chất. Trên quãng đường di chuyển lên phía trên, các nguồn NKN có nhiệt độ cao, chứa các chất khí, gây ra các phản ứng với các khoáng vật và đá vây quanh, được cung cấp thêm các hợp phần hoá học. Quá trình hoà tan rất thuận lợi khi nguồn NKN di chuyển qua các tầng đá vôi, các thân quặng chứa các khoáng vật sulphur. Nhiều suối NKN là biểu hiện trên bề mặt của các mỏ khoáng sản “nhiệt dịch” dưới lòng đất.



Hình 5. Mặt cắt mô phỏng sự xuất hiện các kiểu nước khoáng nóng kiểm soát bởi các hệ thống đứt gãy ở miền tây Hoa Kỳ [7].

Các kết quả phân tích địa chất 3D của hệ thống địa nhiệt trong các bể trầm tích và các dãy núi phía tây Hoa Kỳ (hình 5), nhà địa chất D.L. Siler và cs (2019) [7] cho rằng, cấu trúc địa chất đóng vai trò quan trọng trong việc khống chế các hệ thống địa nhiệt. Đặc biệt, trong vùng có cấu trúc địa chất rất phức tạp, nhiều đứt gãy giao nhau có khoảng cách gần nhau, hệ thống nhiệt có mật độ cao hơn. Các đứt gãy liên kết với nhau, nhất là các đứt gãy trượt bằng đóng vai trò là đường dẫn

nước, nguồn nước nóng dâng lên phía trên dọc theo một đứt gãy hoặc một tập hợp nhiều các đứt gãy. Tuy nhiên, trên thực tế rất khó xác định nguồn NKN đi lên theo một đứt gãy cụ thể nào. Các nguồn NKN được kiểm soát bởi các đứt gãy, NKN được dẫn lên từ dưới sâu, nhưng vị trí xuất lộ không nhất thiết nằm trong vùng đứt gãy. Vị trí số (1) nguồn NKN phân bố và tràn theo các đứt gãy; vị trí (2) nguồn NKN hòa lẫn với nguồn nước tầng nông và tràn ra trên mặt tại các vị trí khá xa các đứt gãy; vị trí (3) nguồn NKN dâng lên nhưng bị chặn bởi 1 tầng trầm tích không thấm ở dưới sâu, do đó không đi lên được mặt đất; vị trí (4) nguồn nước nóng dâng lên nhưng được hòa trộn với các tầng chứa nước nằm phía dưới bề mặt đất.

Đây là một mô hình phù hợp để ứng dụng luận giải nguồn gốc, phân bố không gian của các nguồn NKN Đông Nam tỉnh Bạc Liêu.

3.4.2. Nguồn nước khoáng nóng khu vực Đông Nam Bạc Liêu trong mối liên quan với các lịch sử hình thành và phát triển các bồn trũng Kainozoi: Khu vực Đông Nam tỉnh Bạc Liêu là một bộ phận của bồn cánh dẫn Kainozoi muộn châu thổ sông Mekong [8], tạo nên bởi các trầm tích Kainozoi phủ lên trên tầng đá móng uốn nếp Mesozoi. Sự hình thành bồn châu thổ sông Mekong, theo các nhà nghiên cứu, có mối liên quan với chuyển động kiến tạo Himalaya và chạm giữa mảng Ấn Độ và mảng Âu Á xảy ra cách đây khoảng 50 triệu năm. Kết quả chuyển động kiến tạo Himalaya đã tạo nên hàng loạt bồn trũng lấp đầy bởi trầm tích Kainozoi.

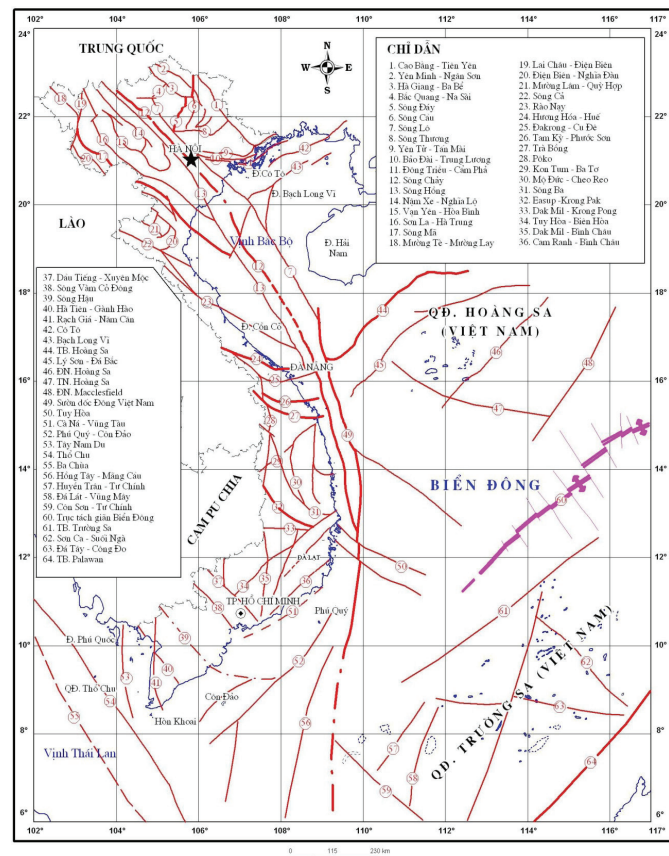
Trên phương diện lý luận, có nhiều cách phân loại, luận giải cơ chế địa động lực và mô hình thành tạo các bồn trũng [6]. Tuy nhiên, dù theo kiểu bồn trũng nào, thì sự xuất hiện của các nguồn NKNK đều liên quan với hai yếu tố chính. Đó là các hệ thống đứt gãy kiến tạo và các nguồn nhiệt.

Các đứt gãy kiến tạo: Trong khu vực nghiên cứu và diện tích kế cận, các đứt gãy kiến tạo phát triển có quy luật trong mối liên quan với chuyển động Himalaya, hiện bị chôn vùi dưới tầng phủ Đệ tứ. Vật liệu trầm tích Kainozoi trong khu vực có bề dày 2-3 km, phủ lên tầng đá móng gồm các đá xâm nhập có thành phần thay đổi từ felsic đến trung tính, mức tuổi từ chủ yếu từ Trias muộn đến Paleogen. Dấu tích các đứt gãy kiến tạo phá vỡ vỏ lục địa trên tầng đá móng trước Kainozoi được ghi nhận ở nhiều nơi, trong đó có phần rìa phía tây đảo Phú Quốc (hình 6).



Hình 6. Các đứt gãy và nứt vỡ ghi nhận ở rìa tây đảo Phú Quốc (nay là đặc khu Phú Quốc).

Giai đoạn sau rift, sự đảo ngược kiến tạo từ Oligocen muộn đến Miocen sớm, tạo nên nhiều đứt gãy lớn, tầng trầm tích Đệ tam bị nứt nẻ mạnh mẽ. Các tài liệu địa chất và địa vật lý đã ghi nhận hàng loạt các đứt gãy lớn (hình 7). Trong số đó, trong khu vực Bạc Liêu, có các đứt gãy lớn cấp I và cấp II, Thuận Hải - Minh Hải, Sông Hậu, Hà Tiên - Gành Hào, Rạch Giá - Năm Căn [8]. Theo tài liệu của C.D. Trieu và cs (2002) [9], đứt gãy Sông Hậu kéo dài 350 km phương Tây Bắc - Đông Nam, độ sâu đến 590-60 km xuyên qua vỏ, cắm về phía Đông Bắc góc 70-80°. Trong Kainozoi muộn, đứt gãy có tính chất trượt bằng trái với cự ly dịch chuyển trên 1000 m. Đứt gãy Thuận Hải - Minh Hải kéo dài trên 630 km theo hướng Đông Bắc - Tây Nam, có tính trượt bằng trái nghịch, cắm về Tây Bắc với độ sâu ảnh hưởng trên 60 km.



Hình 7. Các hệ thống đứt gãy lớn khu vực Bạc Liêu và kế cận.

Về nguồn nhiệt: Tương tự như trong đới Đà Lạt, móng kết tinh nằm dưới trầm tích Kainozoi có nhiều khối magma trẻ, mức tuổi Mesozoi muộn đến Kainozoi. Các phức hệ magma granit có tuổi trẻ nhất là xâm nhập granit phức hệ Đèo Cả 82-87 triệu năm, phức hệ Phan Rang 62 triệu năm, phức hệ Cà Ná 87 triệu năm, phun trào riolit Đơn Dương 76 triệu năm... [8]. Vào Kainozoi sớm, trong các đới rift nội lục xuất hiện các Plum manti [8]. Bằng chứng trực tiếp là các đá magma bazan quy mô rộng lớn khu vực đất liền cũng như trên biển

Đông. Theo nghiên cứu trước đây [8, 10], có 6 giai đoạn thành tạo bazan từ  $Q_1^1$ ,  $Q_1^{2a}$ ,  $Q_1^{2b}$ ,  $Q_1^{3a}$ ,  $Q_1^{3b}$ , đến  $Q_2$  trong vùng tây nam Côn Cỏ (nay là đặc khu Côn Cỏ), trong đó bazan khu vực đáy biển Vĩnh Linh - Côn Cỏ thuộc mức trẻ nhất, tương ứng với Holocen. Theo T.Y. Lee và cs (1998) [11], phương pháp  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ , các đá bazan trên đảo Côn Cỏ có mức tuổi 0,44 triệu năm. Các biểu hiện phun trào hiện đại trẻ nhất xuất hiện trên biển Đông tại khu vực đảo Hòn Tro năm 1923 với quy mô tương đối nhỏ.

3.4.3. *Đánh giá về sự hình thành nguồn nước khoáng nóng vùng Đông Nam tỉnh Bạc Liêu*: Trên quy mô khu vực, ngoài cụm NKN khu vực Đông Nam tỉnh Bạc Liêu, trên khu vực đồng bằng Cửu Long, còn có khá nhiều nguồn NKN khác có nhiệt độ 31-37,5°C như Cầu Vồn, Cầu Kè, Mỹ Thới và đảo Phú Quốc [2, 5]. Về nguồn gốc, NKN kiếm khu vực Đông Nam tỉnh Bạc Liêu và đồng bằng sông Cửu Long, được dự đoán có liên quan với các nguồn nhiệt tàn dư của các khối dung thể magma Mesozoi muộn và Kainozoi sớm cũng như vai trò đường dẫn của các hệ thống đứt gãy kiến tạo phát triển trong giai đoạn nghịch kiến tạo vào Oligocen muộn đến Miocen sớm.

#### 4. Kết luận

Tại Bạc Liêu, các nguồn NKN khá phong phú, gồm 3 cụm Hưng Hội, Vĩnh Trạch Đông và trung tâm TP Bạc Liêu. Ở cả ba cụm, NKN có chất lượng tốt, đáp ứng nhu cầu đóng chai và ngâm tắm. Riêng hai cụm Hưng Hội và Vĩnh Trạch Đông có đủ chất lượng sử dụng cho sinh hoạt, ăn uống. Các nguồn NKN được xem là một loại hình tài nguyên tự nhiên mang tính đặc thù, có thể được khai thác phục vụ phát triển du lịch.

Tính độc đáo của các nguồn NKN khu vực Bạc Liêu là độ pH tương đối cao, thuộc vào nguồn NKN thiên nhiên có tính kiềm. Với tính năng điện giải và nhiều đặc tính ưu việt khác, các nguồn khoáng nóng kiếm thiên nhiên khu vực Đông Nam Bạc Liêu rất có giá trị, cần được tiếp tục quan tâm nghiên cứu và sử dụng hợp lý.

NKN khu vực Đông Nam tỉnh Bạc Liêu được dự đoán có liên quan với các nguồn nhiệt tàn dư của các khối dung thể magma Mesozoi muộn hoặc Kainozoi sớm, cũng như vai trò đường dẫn của các hệ thống đứt gãy kiến tạo phát triển trong giai đoạn nghịch kiến tạo vào Oligocen muộn đến Miocen sớm.

#### LỜI CẢM ƠN

Bài báo là sản phẩm của đề tài khoa học và công nghệ cấp tỉnh “Nghiên cứu, xây dựng cơ sở dữ liệu về tài nguyên du lịch phục vụ phát triển bền vững du lịch tỉnh Bạc Liêu”. Trong quá trình thực hiện đề tài và hoàn thành bài báo, các tác giả đã sử dụng nhiều tài liệu khoa học của các nhà địa chất, địa chất thủy văn đã được công bố hoặc lưu trữ địa chất. Chúng tôi xin chân thành cảm ơn.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] D.H. On (2002), “Scientifically based argument determines the following limit standards for different types of therapeutic water indicators”, *Hydrogeology - Engineering Geology Forum*, <https://hgeo.forumvi.com/t239-topic>, accessed 21 January 2024 (in Vietnamese).
- [2] Vietnam Geological Department (2005), *Direction of Mineral and Hot Spring Sources in Vietnam*, [http://idm.gov.vn/nguon\\_luc/Xuat\\_ban/Anpham/Nuoc\\_khoang/PhanII.HTM](http://idm.gov.vn/nguon_luc/Xuat_ban/Anpham/Nuoc_khoang/PhanII.HTM), accessed 21 January 2024 (in Vietnamese).
- [3] V. Khuc, D.D. Thuc, L.D. Bach, et al. (2000), *Research Book on Analytical Addresses in Vietnam*, General Department of Geology and Minerals of Vietnam, 430pp (in Vietnamese).
- [4] Ministry of Natural Resources and Environment (2020), *Result Report - Phase 1 - Project 1: Investigation and Search for Underground Water Sources in Mountainous Areas and Water-Scarce Areas of Bac Lieu Province*, 101pp (in Vietnamese).
- [5] H.M. Tho (2019), *Directory of 400 Hot Mineral Water and Natural Hot Water Points in Vietnam*, Construction Publishing House, 1024pp (in Vietnamese).
- [6] J.L. Coleman, S.M. Cahan (2012), *Preliminary Catalog of The Sedimentary Basins of The United States*, U.S. Geological Survey, **2012-1111**, DOI: 10.3133/ofr20121111.
- [7] D.L. Siler, J.E. Faulds, N.H. Hinz, et al. (2019), “Three-dimensional geologic mapping to assess geothermal potential: Examples from Nevada and Oregon”, *Geothermal Energy*, **7**, DOI: 10.1186/s40517-018-0117-0.
- [8] N.X. Bao, D.V. Cau, T.V. Long (2015), “Tectonic zones of continental southern Vietnam”, *Journal of Geology*, **352-354**, pp.16-27 (in Vietnamese).
- [9] C.D. Trieu, P.H. Long (2002), “Some tectonic features of Vietnam’s territorial faults”, *Vietnam Journal of Earth Sciences*, **24(3)**, pp.261-272, DOI: 10.15625/0866-7187/24/3/11405.
- [10] T.L. Dung, P.H. Duc, T.X. Ban, et al. (2005), “Geological and petrological characteristics of Cenozoic basalt eruptions on Con Co island”, *Journal of Geology*, **292**, <http://idm.gov.vn/Data/TapChi/2006/A292/a1.htm>, accessed 21 January 2024 (in Vietnamese).
- [11] T. Lee, C.H. Lo, S.L. Chung, et al. (1998), “ $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  dating result of neogene basalts in Vietnam and its tectonic implication”, *Dating of Neogene Basalts in Vietnam*, pp.317-330.