

CẤU TRÚC ĐỊA CHẤT, ĐỊA CHẤT THỦY VĂN VÀ QUÁ TRÌNH HÌNH THÀNH THẤU KÍNH NƯỚC NHẬT TRONG TRẦM TÍCH ĐỆ TỬ PHÍA NAM ĐỒNG BẰNG BẮC BỘ

HOÀNG VĂN HOAN, NGUYỄN VĂN LÂM

Trường Đại học Mỏ - Địa chất

Tóm tắt: Trên cơ sở các kết quả nghiên cứu cấu trúc địa chất, địa chất thủy văn, lịch sử tiến hóa trầm tích trong vùng nghiên cứu kết hợp với các kết quả phân tích đồng vị, bài báo đã xác định được hệ thống các đứt gãy theo hướng tây bắc - đông nam trong các thành tạo Trias, các thành tạo trước Kainozoi vùng Nam Định và ngoài thêm lục địa khu vực nghiên cứu đóng vai trò là hệ thống kênh chứa nước và lưu thông nước rất tốt theo hướng từ đất liền ra biển. Đồng thời kết quả nghiên cứu địa chất thủy văn đồng vị đã cho thấy, các tầng chứa nước Trias, Neogen và Pleistocen trong vùng có quan hệ thủy lực với nhau thông qua hệ thống các đứt gãy, khe nứt và lỗ hổng của đất đá chứa nước; nước dưới đất nhật trong tầng chứa nước Pleistocen vùng nghiên cứu có nguồn gốc từ nước khí tượng, có tuổi từ Hiện tại đến hơn 11.300 năm.

I. MỞ ĐẦU

Thấu kính nước nhật khu vực phía nam đồng bằng Bắc Bộ (ĐBBB), thuộc các tỉnh Nam Định và Ninh Bình đã được phát hiện từ những năm 70 của thế kỷ trước. Từ đó đến nay đã có nhiều sự quan tâm của nhiều nhà khoa học và các công trình, dự án điều tra khảo sát. Tuy nhiên, những nghiên cứu sâu về sự hình thành và nguồn bổ cập của thấu kính nước nhật quý giá này còn mang tính định tính, phỏng đoán và chưa có số liệu chứng minh [3]. Do cấu trúc địa chất phức tạp và lịch sử phát triển địa chất của vùng còn có những quan điểm khác nhau; mối quan hệ thủy lực giữa các đơn vị địa chất thủy văn (ĐCTV) ở trong khu vực và vùng lân cận chưa được nghiên cứu và làm sáng tỏ. Mặt khác, các công trình nghiên cứu trước đây tập trung nhiều vào việc nghiên cứu đánh giá chất lượng, trữ lượng, sự phân bố và sự dịch chuyển biên mặn để phục vụ cho việc khai thác sử dụng nguồn nước. Việc xác định nguồn gốc và sự hình thành cũng như nguồn bổ cập cho thấu kính nước nhật phía nam ĐBBB trong nghiên cứu này là những kết quả ban đầu

mang tính định lượng với một số bằng chứng và số liệu chứng minh.

II. ĐẶC ĐIỂM CẤU TRÚC ĐỊA CHẤT VÀ ĐỊA CHẤT THỦY VĂN VÙNG NGHIÊN CỨU

1. Vị trí vùng nghiên cứu

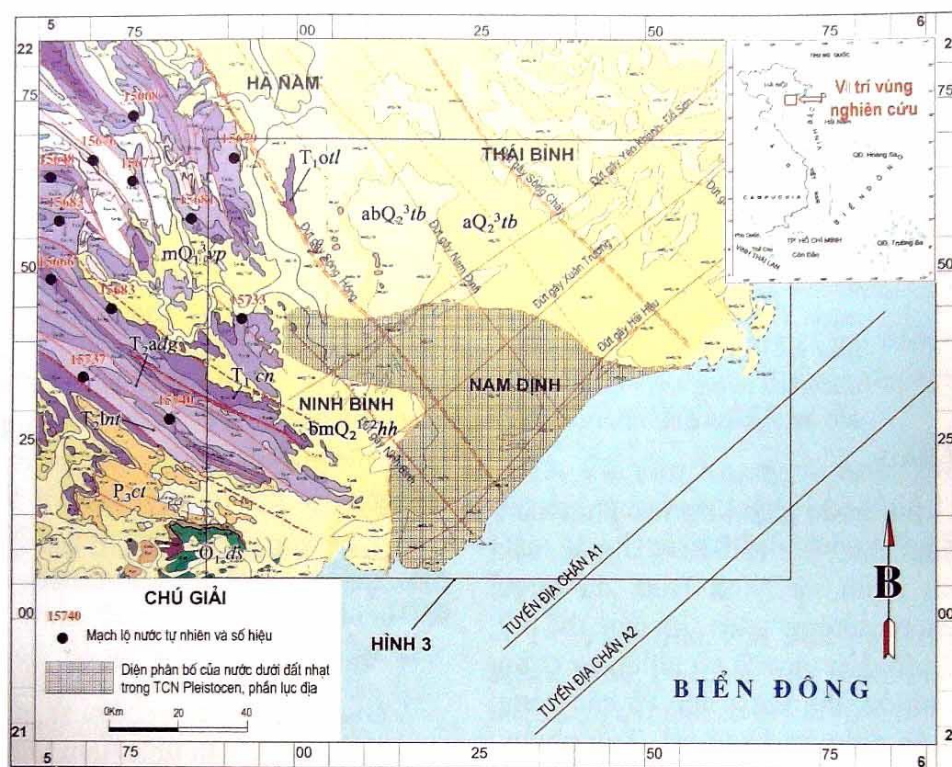
Vùng nghiên cứu nằm ở phía nam ĐBBB, trên địa bàn tỉnh Nam Định và các huyện Kim Sơn, Yên Mô, Yên Khánh và Gia Viễn, tỉnh Ninh Bình, với diện tích khoảng 2.500 km². Phía bắc vùng nghiên cứu giáp tỉnh Hà Nam, phía đông bắc giáp tỉnh Thái Bình, phía đông nam giáp biển Đông (Hình 1).

2. Đặc điểm cấu trúc địa chất phía tây vùng nghiên cứu

Các thành tạo carbonat tuổi Trias, chủ yếu thuộc hệ tầng Đồng Giao (T_{2a} đg) phân bố bên sườn phía tây của vùng [4], là các đá có khả năng chứa và lưu thông nước rất tốt, với hệ thống các đứt gãy trong khu vực theo hướng TB-ĐN, hướng cắm vào các thành tạo Kainozoi. Từ kết quả của các phương án đo vẽ bản đồ ĐCTV cho thấy, ở đây tồn tại rất nhiều mạch lộ nước tự nhiên (Hình 1).

Bên cạnh đó, địa hình khu vực này có dạng karst với nhiều núi đá vôi có độ cao trung bình và thấp, hệ thống thủy văn rất phong phú với nhiều sông suối, hồ, đầm... tạo nên nét đặc trưng cho tỉnh Ninh Bình với các địa danh du lịch sinh thái sông nước nổi tiếng như Tam Cốc, Tràng An,

Long Vân... Điều này minh chứng cho khả năng tích trữ nước và vận động của nước trong các thành tạo carbonat ở vùng này. Như vậy, có thể coi đây là điều kiện về khả năng của nguồn cấp (điều kiện sinh) rất thuận lợi cho thấu kính nước nhạt vùng nghiên cứu.



Hình 1. Sơ đồ vị trí vùng nghiên cứu và cấu trúc địa chất, diện phân bố của nước dưới đất nhạt trong tầng chứa nước Pleistocen vùng nghiên cứu.

3. Đặc điểm cấu trúc địa chất vùng đồng bằng

Tổng hợp các tài liệu địa chất, địa mạo, địa vật lý cho đến nay đều ghi nhận ở đây tồn tại hai hệ thống đứt gãy chính vuông góc nhau là hệ thống đứt gãy hướng TB-ĐN và ĐB-TN, hai hệ thống đứt gãy này chia móng thành các khối nâng, sụt địa phương [5]. Chính các đứt gãy này đóng vai trò như các kênh dẫn nước bổ cấp cho thấu kính nước nhạt. Hệ thống đứt gãy TB-ĐN là hệ thống đứt gãy chính, bao gồm các đứt gãy sâu mang tính chất khu vực, đóng vai trò chính trong phân chia các đới cấu trúc trong suốt quá trình hình thành, phát triển địa chất và kiến tạo trong vùng

[4]. Hoạt động của các đứt gãy còn tạo ra các đới phá hủy và các hệ thống khe nứt trong các đá gốc, tạo điều kiện cho sự hình thành các tầng chứa nước (TCN).

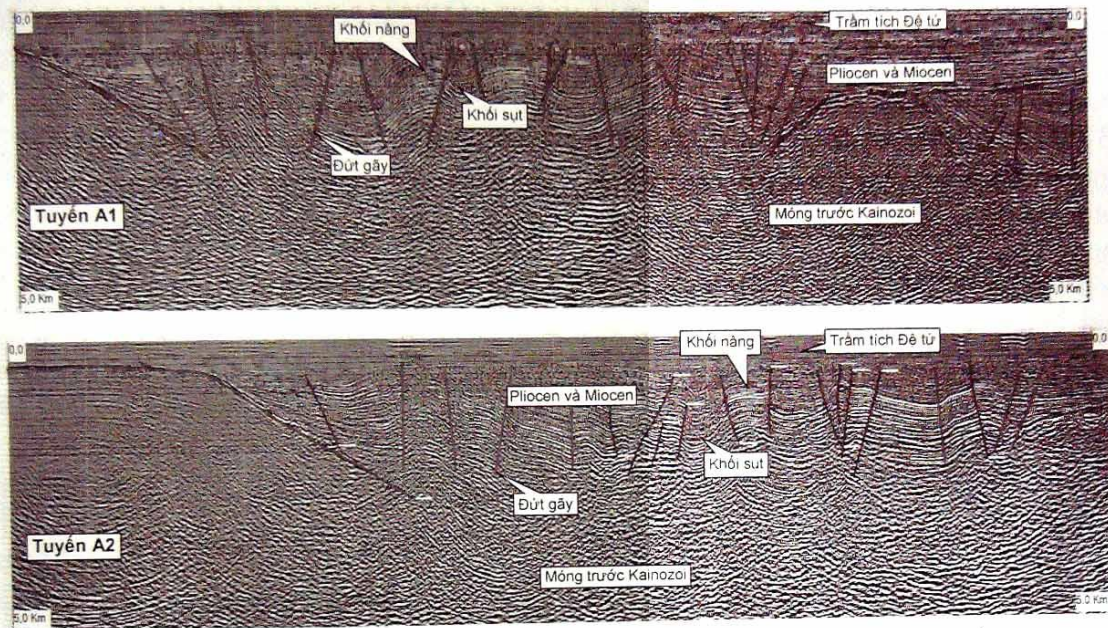
Ngoài ra trong vùng còn tồn tại nhiều đứt gãy nhỏ có tính chất địa phương như đứt gãy Ninh Bình, đứt gãy Nam Định..., hoạt động của chúng đã góp phần làm phức tạp hóa cấu trúc địa chất trong vùng. Các đứt gãy trong đá gốc bên rìa bể trầm tích Sông Hồng có phương hơi chệch về phía tây so với các đứt gãy khu vực giữa bể, hệ thống đứt gãy này theo phương cấu trúc của các thành tạo tuổi Trias, hệ tầng Nậm Thăm, Đồng Giao, Tân Lạc và Cò Nòi...

Quá trình hoạt động của các đứt gãy này đã phân chia móng thành những khối sụt lún không đều dạng bậc thang, thấp dần về phía Biển Đông.

4. Đặc điểm cấu trúc địa chất vùng thềm lục địa

Vùng thềm lục địa nằm ở phía tây bắc bề trầm tích Sông Hồng, nơi tập trung nhiều đứt gãy lớn hướng TB-ĐN [7]. Bề trầm tích Sông Hồng có bề dày trầm tích Pliocen và Miocen (đôi chứa nước khe

nứt - lỗ hổng) lên tới 14.000 m và bề dày tăng lên theo hướng TB-ĐN (ra phía vùng trung tâm bể) [13]. Kết quả giải đoán mặt cắt địa chấn 2D (tuyến A1 và A2) (Hình 2) cho thấy tồn tại rất nhiều các đứt gãy trong các thành tạo Pliocen và Miocen theo hướng TB-ĐN, tới độ sâu khoảng 2.000 m. Bề mặt đá móng trước Kainozoi không bằng phẳng, các khối nâng, sụt được thể hiện rất rõ nét trên các mặt cắt địa chấn này.



Hình 2. Các tuyến mặt cắt địa chấn song song với đường bờ biển; vị trí các tuyến trên Hình 1 (Nguồn: Tập đoàn Dầu khí quốc gia Việt Nam) [13].

5. Cấu trúc địa chất thủy văn vùng nghiên cứu

Vùng nghiên cứu là vùng chuyển tiếp của các miền ĐCTV Tây Bắc Bộ và miền ĐCTV ĐBBB. Cấu trúc ĐCTV ở đây mang đặc điểm cấu trúc bồn và rìa bồn ĐCTV thuộc trũng Hà Nội và cả đới nâng Tây Nam (Vũ Ngọc Kỳ, 1985). Vì vậy, cấu trúc ĐCTV ở đây có những nét đặc biệt và có vai trò rất quan trọng trong sự hình thành dải nước nhạt từ Ninh Bình qua vùng nghiên cứu ra biển. Những điểm đặc biệt đó gồm:

- Vùng nghiên cứu nằm sát biển, có hai loại địa hình: Loại 1 nằm trong đới nâng Tây Nam, gồm các núi đá vôi, độ cao

trung bình thuộc địa phận Ninh Bình; Loại 2 nằm trong trũng Hà Nội, bao gồm các địa hình bằng phẳng, chịu tác động sâu sắc của cả sông và biển.

- Có lớp phủ Đệ tứ phủ bất chỉnh hợp trên nhiều địa tầng khác nhau gồm các thành tạo carbonat hệ tầng Đồng Giao phát triển karst mạnh, các thành tạo biến chất cổ Proterozoi thuộc phức nếp lồi Sông Hồng và các thành tạo Neogen hệ tầng Vĩnh Bảo nguồn gốc lục địa [3, 5].

Trong các thành tạo trước Kainozoi đã phát hiện khá nhiều đứt gãy kiến tạo phát triển theo hai hướng chủ đạo TB-ĐN và ĐB-TN, các đứt gãy này đã chia đá gốc

thành các khối nâng hạ khác nhau, trên đó bị các thành tạo Đệ tứ phủ kín. Các đứt gãy kiến tạo đã tạo nên những kênh dẫn nước từ các vùng núi cao thuộc đới nâng Tây Nam và có khả năng thoát ngầm vào các thành tạo Neogen và Đệ tứ.

Qua các kết quả thăm dò, khảo sát địa chấn và địa chất vùng thềm lục địa (rìa phía tây bắc bể Sông Hồng), kết hợp với các kết quả thăm dò khảo sát ĐCTV thuộc trũng Hà Nội và đới nâng Tây Nam cho thấy các thành tạo móng trước Kainozoi và Pliocen tồn tại rất nhiều các đứt gãy có khả năng chứa nước theo hướng TB-ĐN [13]. TCN khe nứt - lỗ hổng có bề dày tầng dần theo hướng ra trung tâm bể Sông Hồng. Các thành tạo Đệ tứ tương ứng hệ tầng Lê Chi và Hà Nội có khả năng chứa nước giảm dần theo chiều ra biển (thành phần thạch học từ cát, sạn sỏi giảm dần đến cát hạt trung, hạt mịn và cát, sét pha đến sét bột [9, 14]. TCN Pleistocen (*qp*) dưới, hệ tầng Lê Chi phân bố theo phương ra biển, cách bờ đến khoảng 32 km và TCN Pleistocen trên hệ tầng Hà Nội phân bố theo phương ra biển đến khoảng 42 km (cách bờ).

III. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU NGUỒN BỔ CẬP CHO THẤU KÍNH NƯỚC NHẬT

Để nhận định về nguồn bổ cập cho thấu kính nước nhật, tập thể tác giả đã áp dụng kỹ thuật đồng vị kết hợp nghiên cứu cấu trúc địa chất, ĐCTV xác định hướng vận động của NDĐ, nguồn bổ cập, nguồn gốc NDĐ và xác định mối quan hệ thủy lực giữa các TCN.

1. Nghiên cứu nguồn gốc NDĐ trên cơ sở mối tương quan giữa các thành phần đồng vị bền của nước (^2H và ^{18}O)

Deuteri (D hay ^2H) và ^{18}O là hai đồng vị bền của hydro và oxy, là thành phần cấu tạo của phân tử nước [5, 6, 14]... Trong tự nhiên, nước luôn luôn vận động theo chu trình nước, theo đó thành phần đồng vị của nước sẽ thay đổi trong các

quá trình chuyển pha từ lỏng sang hơi, hơi sang lỏng hoặc rắn... Thành phần đồng vị của nước được thể hiện qua ký hiệu delta (δ).

Mối tương quan tuyến tính giữa $\delta^2\text{H}$ và $\delta^{18}\text{O}$ trong nước mưa trên phạm vi toàn cầu gọi là đường nước khí tượng toàn cầu và của khu vực gọi là đường nước khí tượng khu vực [1, 2]. Đường nước khí tượng khu vực được sử dụng cùng với mối quan hệ $\delta^2\text{H}$ và $\delta^{18}\text{O}$ trong các mẫu nước nghiên cứu để giải thích nguồn gốc các TCN trên phạm vi khu vực. Trên cơ sở sự khác nhau về tỷ số đồng vị $^2\text{H}/^1\text{H}$ và tỷ số đồng vị $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ của nước đại dương và nước khí tượng cũng như các nguồn nước mặt có liên quan để so sánh với kết quả của mẫu nghiên cứu từ đó đánh giá về nguồn gốc hay mức độ hòa trộn của các nguồn gốc trong mẫu nghiên cứu.

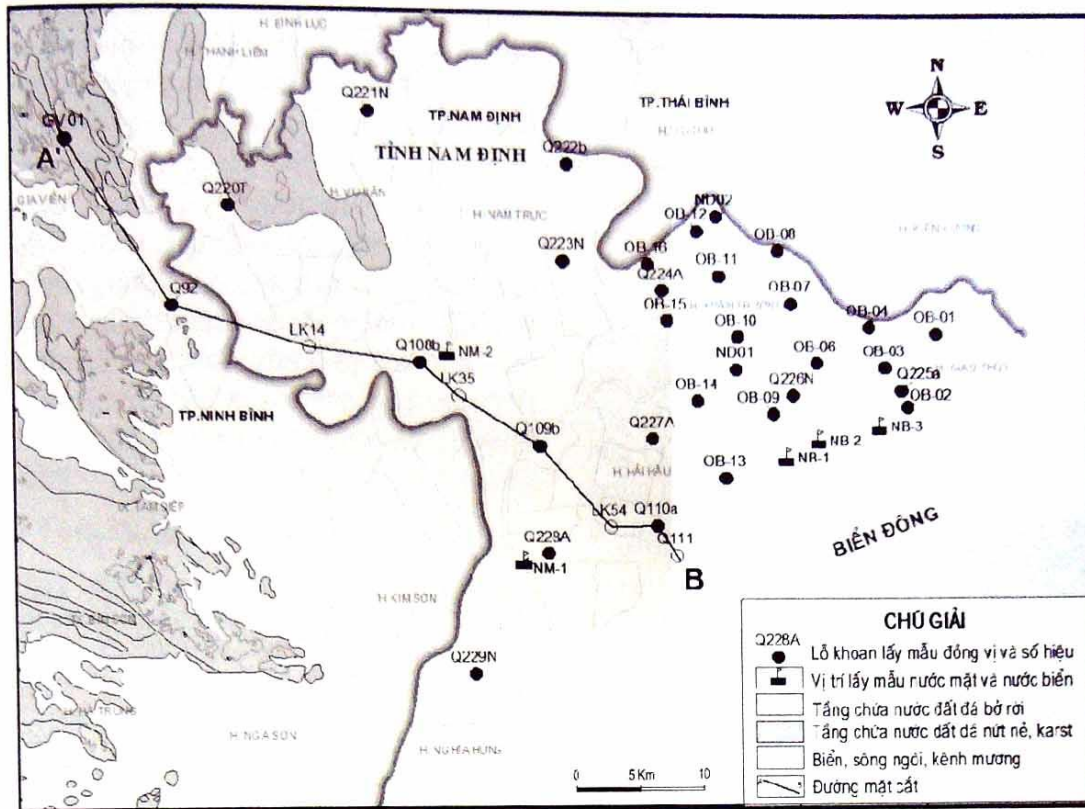
2. Nghiên cứu hướng dòng chảy NDĐ bằng phương pháp định tuổi, sử dụng các đồng vị phóng xạ

Định tuổi NDĐ bằng kỹ thuật đồng vị dựa trên cơ sở sự phân rã của các đồng vị phóng xạ có trong thành phần của phân tử nước hoặc trong thành phần của các chất rắn hoặc khoáng chất tan trong nước. Phân rã phóng xạ là hiện tượng các đồng vị của nguyên tố tự mất đi theo thời gian, chúng không phụ thuộc vào các điều kiện môi trường và tuân theo quy luật phân rã phóng xạ. Do vậy, hoạt độ phóng xạ trong mẫu nước nghiên cứu chỉ phụ thuộc vào hoạt độ của đồng vị đó tại thời điểm hòa trộn vào NDĐ, cắt đứt mối quan hệ trao đổi với môi trường và phụ thuộc vào thời gian vận động từ khi trở thành NDĐ đến khi lấy mẫu hoặc xuất lộ [4, 11].

IV. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

1. Thành phần đồng vị bền của các mẫu nước nghiên cứu

Kết quả phân tích thành phần đồng vị bền ($\delta^2\text{H}$ và $\delta^{18}\text{O}$) của các mẫu nước tại vị trí các lỗ khoan trên Hình 3 được thể hiện trong Bảng 1.



Hình 3. Sơ đồ vị trí lấy mẫu đồng vị và tuyến mặt cắt.

Bảng 1. Thành phần đồng vị bền ($\delta^2\text{H}$ và $\delta^{18}\text{O}$) của NDĐ vùng nghiên cứu (vị trí lỗ khoan trên Hình 3)

TT	Lỗ khoan	TCN	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	$\delta^2\text{H}$ (‰)	TT	Lỗ khoan	TCN	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	$\delta^2\text{H}$ (‰)
1	Q108	qh	-3,54	-23,43	16	Q222b	qp	-6,24	-42,17
2	Q111	qh	-0,86	-2,12	17	Q223a	qp	-8,99	-72,58
3	Q224b	qh	-3,04	-23,15	18	Q224a	qp	-7,68	-55,43
4	Q228c	qh	-5,05	-33,21	19	Q225a	qp	-6,30	-40,79
5	Q108a	qh	-6,43	-45,73	20	Q227a	qp	-7,25	-43,97
6	Q109	qh	-6,76	-48,27	21	Q228a	qp	-8,96	-75,26
7	Q221b	qh	-7,46	-42,74	22	Q229a	qp	-6,13	-41,60
8	Q228b	qp	-6,91	-42,61	23	Q229n	n ₂	-7,75	-57,81
9	Q221b	qp	-7,04	-47,72	24	Q109b	n ₂	-6,84	-47,47
10	Q226a	qp	-7,28	-41,93	25	Q221n	n ₂	-7,70	-59,23
11	Q108b	qp	-6,44	-46,82	26	Q223n	n ₂	-8,65	-68,56
12	Q92	qp	-5,78	-36,51	27	Q226n	n ₂	-7,19	-46,29
13	Q109a	qp	-7,43	-51,32	28	Q220T	t ₁	-6,92	-43,25
14	Q110a	qp	-6,83	-46,37	29	Q92a	t ₂	-7,32	-44,04
15	Q221a	qp	-7,97	-61,18					

(Nguồn: Dự án IGPVN) [6]

2. Hoạt độ phóng xạ của đồng vị ^{14}C

Bảng 2 trình bày kết quả phân tích tỷ số hoạt độ phóng xạ (^{14}a) của đồng vị ^{14}C trong hợp chất carbon vô cơ (DIC) của các mẫu nước thuộc các TCN ở độ sâu khác nhau. Đơn vị tính hoạt độ là pMC và tính theo công thức:

$$^{14}\text{a} = (^{14}\text{A}_{\text{mẫu}} / ^{14}\text{A}_{\text{ref}}) 100$$

Trong đó: $^{14}\text{A}_{\text{mẫu}}$: hoạt độ ^{14}C trong DIC của mẫu nghiên cứu, $^{14}\text{A}_{\text{ref}}$: hoạt độ của ^{14}C trong mẫu acid oxalic 2 do Viện Tiêu chuẩn và Công nghệ Quốc gia (NIST) của Mỹ cung cấp và được phân tích theo cùng một quy trình xử lý mẫu và đo phóng xạ bằng đếm nhấp nháy lỏng.

Bảng 2. Tuổi của NĐĐ xác định qua hoạt độ phóng xạ của ^{14}C trong DIC theo mặt cắt AB trên Hình 3

TT	Lỗ khoan	TCN	^{14}a (pMC)	Tuổi (năm)
1	Q92a	t_2	$74,6 \pm 1,1$	850
2	Q92	qp	$54,1 \pm 2,5$	1100
3	Q108b	qp	$51,1 \pm 1,4$	3300
4	Q109a	qp	$19,2 \pm 3,7$	11300
5	Q109b	n_2	$30,8 \pm 2,0$	7400
6	Q110a	qp	$36,2 \pm 1,8$	6000

V. THẢO LUẬN

1. Quá trình hình thành thấu kính nước nhạt

Các kết quả nghiên cứu cấu trúc địa chất, địa chất thủy văn vùng cho thấy: Các đứt gãy theo hướng TB-ĐN phía tây vùng nghiên cứu và các đứt gãy kiến tạo lớn ở vùng đồng bằng (khu vực trung tâm thấu kính nước nhạt) theo hai hướng TB-ĐN và TN-ĐB là khu vực nâng lên rất mạnh mẽ, tạo điều kiện cho nước bên sườn phía tây và từ dưới đi lên theo các đứt gãy, khe nứt, tạo thành các vòm nước nhạt có áp lực khá lớn.

a) Vào thời kỳ Pliocen muộn

Vào khoảng 1,8 Tr.n BP nước biển rút ra, vùng nghiên cứu tồn tại môi trường lục

địa. Như vậy, trong giai đoạn này thành tạo chứa nước nhạt - TCN Vĩnh Bảo được cung cấp bởi các nguồn: nước mưa rơi trực tiếp trên diện lộ của nó; nước dòng sông tràn lên đồng bằng vào mùa lũ và nước trong tầng chứa nước có quan hệ chặt chẽ với sông Hồng; nước từ các TCN nằm sâu cung cấp theo các khe nứt, hang hốc karst từ TCN carbonat hệ tầng Đồng Giao và theo các đới phá hủy kiến tạo hướng TB-ĐN như các đứt gãy sông Hồng và sông Chảy... và TN-ĐB như các đứt gãy Yên Khánh - Đồ Sơn, Xuân Trường...

b) Sang đầu Pleistocen sớm

Nước biển tiến vào sau một khoảng thời gian dài rút ra xa (đợt biển tiến này thành tạo hệ tầng Lệ Chi, ($Q_1^1 lc$)), nước có tổng khoáng hóa cao có thể xâm nhập vào TCN Neogen. Tuy nhiên, TCN này vẫn nhận được nước nhạt cung cấp từ dưới sâu lên theo các khe nứt kiến tạo và hang hốc karst.

c) Thời kỳ Pleistocen giữa - muộn

Biển lùi ra xa khỏi vùng nghiên cứu, mực nước biển thấp hơn mực nước biển hiện nay đến khoảng 120 m (Tanabe, 2006). Như vậy, bờ biển lúc đó cách bờ biển hiện nay khoảng 50-60 km, vùng nghiên cứu nằm cao hơn mực nước biển khá nhiều. Quá trình xâm thực diễn ra mạnh mẽ, đồng thời quá trình lắng đọng trầm tích sông lũ, quá trình thấm của nước mưa, nước sông và nước cấp từ đá gốc vào TCN qp vẫn liên tục xảy ra và có xu hướng mạnh lên. Do mưa lũ vào thời kỳ này rất mạnh, bằng chứng là đã gặp trong TCN qp các loại đá tảng (kích thước 20-30 cm) ở Hà Nội và cuội, sạn (kích thước 2-3 cm) ở Thái Bình và Nam Định. Chính vì vậy, nước trong TCN qp có tốc độ vận động tăng lên và vẫn giữ hướng TB-ĐN. Điều đó làm cho nước trong các TCN ở các hệ tầng Vĩnh Bảo, Lệ Chi và hệ tầng Hà Nội bị nhạt hóa.

d) Vào cuối Pleistocen

Khoảng 15.000 đến 14.000 năm BP, mực nước biển bắt đầu dâng cao, bắt đầu thời kỳ biển tiến Flandrian và vào khoảng 12.000 năm BP bắt đầu hình thành các trầm tích Holocen sớm-giữa trong vùng nghiên cứu cũng như khu vực ĐBBB. Cũng trong khoảng thời gian đó, tất cả các trầm tích Pleistocen vùng Nam Định đã được thành tạo trước đó bắt đầu bị chìm dưới nước biển. Mực nước biển tăng dần cùng với độ hạt của trầm tích Holocen mịn dần.

e) Thời kỳ biển tiến Holocen

Mực nước biển lên cao nhất (hơn 3 m so với mực nước biển hiện tại) vào khoảng thời gian 6.000 năm BP và giữ ở mức đó trong khoảng 2.000 năm. Trầm tích Holocen mới hình thành và trầm tích Pleistocen trong khu vực nghiên cứu, bao gồm những trầm tích nguồn gốc biển và cả những trầm tích nguồn gốc sông, sông-biển đều nằm dưới mực nước biển. Tuy nhiên, khi nước biển tràn lên, các trầm tích hạt mịn cũng được lắng đọng, khi bề dày các tập hạt mịn này tăng lên, chúng đóng vai trò ngăn cách nước biển với nước trong TCN *qp* hình thành trước đó và làm cho TCN này trở thành TCN có áp. Trong khi đó, vẫn tồn tại nước nhạt vận động theo hướng TB-ĐN, quá trình đó đã ngăn cản sự xâm nhập mặn vào TCN - trước đây gọi là quá trình chống nhiễm mặn [9]. Tuy nhiên, thời kỳ này vẫn làm tăng tổng khoáng hóa của NDĐ trong tầng *qp* và thu hẹp về diện của thấu kính nước nhạt.

f) Thời kỳ biển thoái trong Holocen

Vào khoảng 4.000 năm BP mực nước biển bắt đầu hạ dần [12], chênh lệch độ cao giữa nguồn cấp từ các thành tạo đá gốc phía tây bắc và các trầm tích Đệ tứ trong khu vực tăng lên. Dòng chảy nước nhạt trong khu vực đã thắng thế và thay thế nước mặn trong TCN. Tốc độ thay thế này phụ thuộc vào gradient thủy lực và hệ số thấm của đất đá chứa nước. Đây là giai

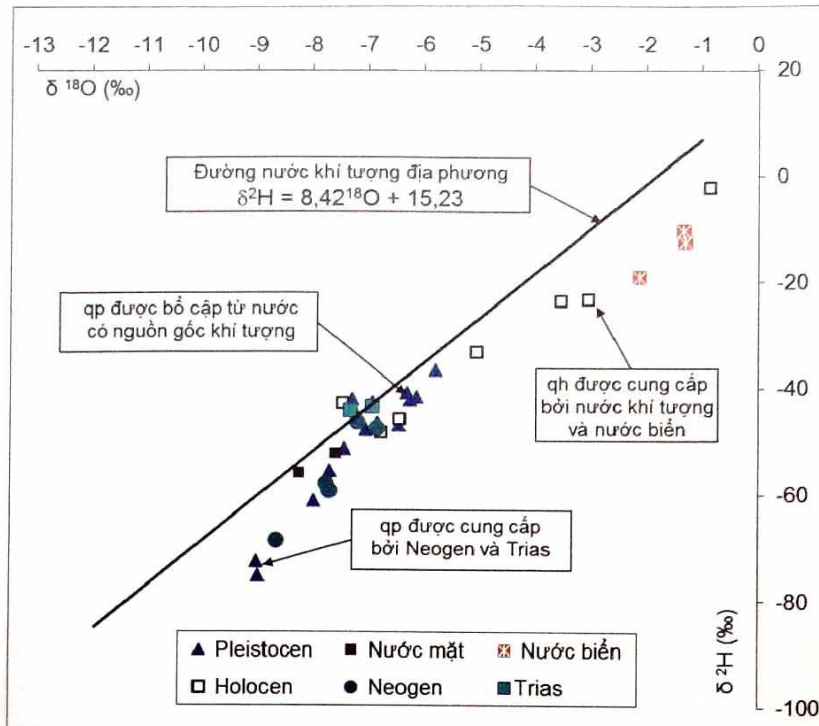
đoạn tăng dần kích thước của khối nước nhạt do sự thay đổi gradient thủy lực của nước trong TCN. Khi độ dốc thủy lực tăng lên sẽ làm tăng tốc độ vận động của dòng chảy ($v = kI$), dẫn đến động năng của dòng chảy tăng ($a = mv^2$) giúp cho việc đẩy nhanh ranh giới mặn-nhạt về phía biển. Thêm vào đó, khi nước của tầng được bổ sung nước nhạt làm cho tổng khoáng hóa của nước trong tầng giảm do bị pha loãng, nên kích thước của thấu kính nước nhạt tăng lên.

2. Nguồn bổ cập và nguồn gốc NDĐ trong vùng nghiên cứu

Mối tương quan giữa các thành phần đồng vị bền (δ^2H và $\delta^{18}O$) của các mẫu NDĐ đã được thiết lập từ kết quả Bảng 1 cùng với đường nước khí tượng địa phương và trình bày trên Hình 4, qua đây một số nhận định và đánh giá được rút ra như sau:

Đối với nước mưa vùng Nam Định: đường nước khí tượng địa phương khu vực Nam Định có tương quan $\delta^2H = 8,42^{18}O + 15,23$ (Hình 4). Mối tương quan của thành phần đồng vị bền trong nước khí tượng là cơ sở thảo luận khả năng bổ cập nước khí tượng cho nước trong các TCN khi biểu diễn các kết quả trên cùng một đồ thị.

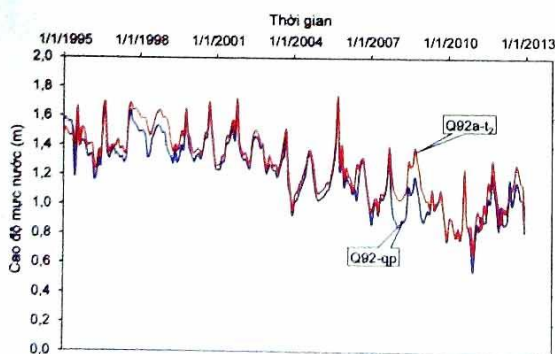
Thành phần đồng vị bền của nước trong tầng Holocen nằm trên đường nước bị bốc hơi và có thành phần hòa trộn giữa nước biển và nước khí tượng. Thành phần đồng vị nặng trung bình của nước là tương đối giàu, đặc biệt nước trong lỗ khoan Q111 có $\delta^{18}O = -0,86\text{‰}$ so với VSMOW, ngang bằng nước biển. Hơn nữa, khoảng biến động cũng lớn khoảng $-(2,5-8,3)\text{‰}$. Có thể thấy, nước tầng Holocen có nguồn gốc từ nước biển và nước khí tượng. Tuy nhiên, do sự phân bố của TCN Holocen, cũng như cấu trúc địa chất của khu vực không đồng đều vì vậy nguồn gốc và chất lượng nước của tầng Holocen phụ thuộc vào vị trí lỗ khoan và mạng lưới sông ngòi trong vùng.



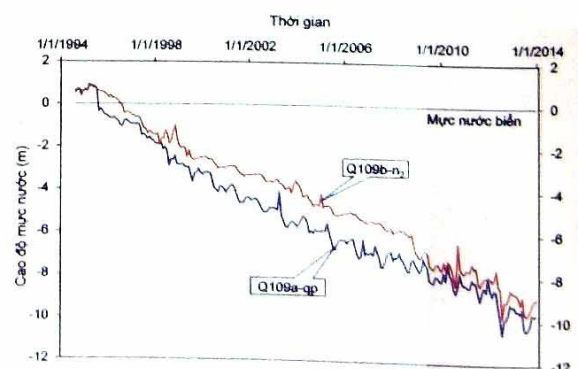
Hình 4. Kết quả phân tích thành phần đồng vị bền của nước trong vùng nghiên cứu.

Thành phần đồng vị bền của nước trong TCN *qp* ở một số lỗ khoan được bổ cập từ tầng Neogen và Trias (Q92, Q109a, Q221a, Q223a và Q228a), nhưng ở một số lỗ khoan, thành phần đồng vị bền của NDĐ nằm sát đường nước khí tượng địa phương (Q225b, Q226a và Q227a) chứng tỏ nước trong TCN *qp* ở các vị trí này có nguồn gốc từ nước khí tượng. Đa phần nước trong TCN *qp* được bổ cập từ tầng Neogen và Trias. Mỗi quan hệ thủy lực giữa tầng *qp* với nước

đại dương rất yếu, do vậy độ mặn của nước trong tầng Pleistocen không cao. Bên cạnh đó, kết quả quan trắc từ năm 1994 đến năm 2013 cũng minh chứng cho khả năng cung cấp cho TCN *qp* từ *t₂* và *n₂* như sau: Tại cụm quan trắc Q92: Mức áp lực của tầng Trias luôn lớn hơn mức áp lực tầng Pleistocen, trung bình 0,05 m (Hình 5); Tại cụm quan trắc Q109: Mức áp lực của tầng Neogen luôn lớn hơn mức áp lực tầng Pleistocen, trung bình 0,91 m (Hình 6).



Hình 5. Diễn biến mực nước TCN Pleistocen và Trias tại cụm quan trắc Q92 [15].



Hình 6. Diễn biến mực nước trong TCN Pleistocen và Neogen tại cụm quan trắc Q109 [15].

Mối tương quan giữa $\delta^{18}\text{O}$ với $\delta^2\text{H}$ của nước trong tầng Neogen, Trias cho thấy, nước trong các tầng chứa nước này có cùng nguồn gốc với tầng chứa nước Pleistocen (Hình 4) và luôn có mực áp lực lớn hơn tầng chứa nước Pleistocen. Điều này cho thấy tầng chứa nước Pleistocen được bổ cập từ tầng chứa nước Neogen và Trias.

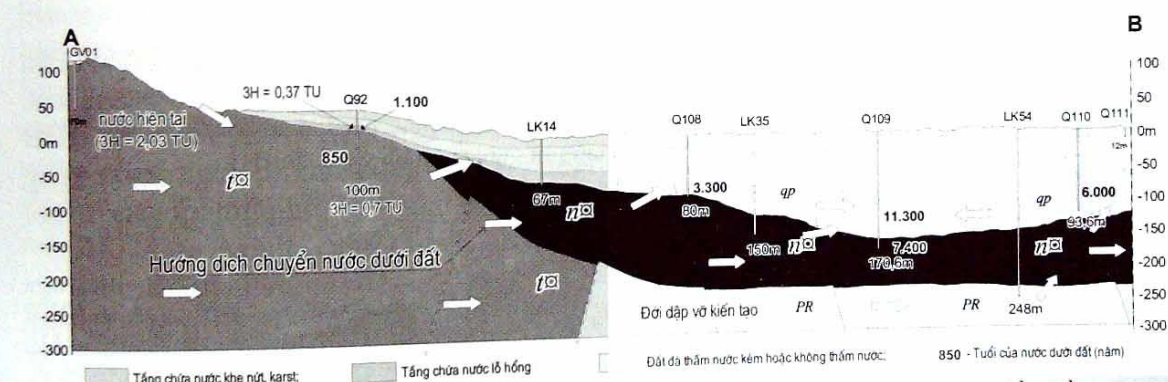
3. Xác định hướng bổ cập trên cơ sở kết quả xác định thời gian lưu của nước trong TCN

Kết quả phân tích thành phần đồng vị phóng xạ ^{14}C và tuổi của nước tại các lỗ khoan trong các TCN Neogen, Trias và Pleistocen trên trong vùng nghiên cứu (Bảng 2) cho thấy thời gian lưu của nước trong TCN Pleistocen lớn nhất đạt 12.900 năm (lỗ khoan Q227a) và thời gian ngắn nhất là 1.100 năm (lỗ khoan Q92) và phụ thuộc vào mức độ bổ cập từ các tầng Neogen và Trias (Hình 4).

Trong nghiên cứu này, với việc kết hợp giữa đặc điểm địa chất, địa hình địa mạo, ĐCTV và các kết quả nghiên cứu đồng vị

trong các lỗ khoan theo tuyến mặt cắt AB, tác giả đã thiết lập mô hình khái niệm về hướng và nguồn bổ cập nước cho thấu kính nước nhạt trong vùng nghiên cứu (Hình 7). Từ đó giải thích xu hướng nước càng sâu tuổi càng trẻ như kết quả phân tích trình bày ở trên.

Hướng vận động của nước trong thành tạo Trias (khe nứt karst) là hướng TB-ĐN và cung cấp cho TCN Pleistocen dưới 3 hình thức (Hình 8): 1) Nước trong thành tạo Trias cung cấp trực tiếp cho TCN *qp* tại những nơi mà các thành tạo này tiếp xúc trực tiếp với nhau; 2) Nước di chuyển từ các thành tạo chứa nước khe nứt karst tới các thành tạo chứa nước Neogen (khe nứt - lỗ hồng) cung cấp cho TCN Pleistocen; 3) Nước di chuyển từ các thành tạo chứa nước khe nứt karst tới các đứt gãy trong thành tạo Proterozoi, cung cấp cho các thành tạo chứa nước Neogen tới TCN Pleistocen. Điều này giải thích tại sao NĐĐ trong TCN khe nứt - lỗ hồng Neogen và khe nứt karst Trias ở một số lỗ khoan có tuổi trẻ hơn nước trong TCN Pleistocen.



Tuy nhiên, do mức độ nứt nẻ, khe nứt karst không đồng đều của tầng Neogen và Trias, kết hợp với tính thấm của tầng Pleistocen không đồng nhất và dị hướng nên khả năng và mức độ cung cấp nước từ tầng Neogen và Trias cho tầng Pleistocen không đồng đều theo chiều sâu cũng như theo diện. Điều này khá phù hợp với kết quả phân tích thành phần đồng vị bền của NĐĐ trong TCN Pleistocen. Mặt khác, việc khai thác nước không đồng đều cũng chỉ phối hướng dòng chảy.

VI. KẾT LUẬN

Cấu trúc địa chất của các thành tạo trước Kainozoi trong vùng nghiên cứu rất phức tạp, các hệ thống đứt gãy chủ đạo theo hướng TB-ĐN và ĐB-TN đã chia móng trước Kainozoi thành các khối nâng hạ khác nhau, trên đó được phủ bởi các trầm tích Neogen và Đệ tứ. Hệ thống các đứt gãy đã tạo điều kiện cho sự phát triển của karst trong hệ tầng Đồng Giao ở phía tây, tây bắc của vùng và chúng đóng vai trò là hệ thống kênh dẫn nước nhạt từ các thành tạo Trias và các thành tạo cổ hơn cung cấp cho thấu kính nước nhạt vùng Nam Định.

Kết quả nghiên cứu địa chất thủy văn đồng vị theo mặt cắt có thể nhận định, thấu kính nước nhạt trong TCN Pleistocen vùng nghiên cứu có nguồn gốc chôn vùi và được cung cấp bởi nước từ các thành tạo chứa nước khe nứt, karst phía tây, tây bắc thông qua các thành tạo Proterozoi và Neogen; trong thời kỳ Kainozoi, vùng nghiên cứu đã trải qua nhiều quá trình xâm nhập mặn, rửa nhạt theo chu kỳ dao động của mực nước biển và tiến hóa trầm tích. Quá trình hình thành thấu kính nước nhạt lần cuối cùng như hiện nay được bắt đầu khi gradient thủy lực giữa miền cấp và vùng nghiên cứu tăng lên theo sự suy giảm mực nước biển sau thời kỳ biển tiến Flandrian bắt đầu xảy ra vào khoảng 4.000 năm BP đến nay.

Kỹ thuật thủy văn đồng vị đã giúp trả lời được một số câu hỏi còn chưa rõ ở những giai đoạn nghiên cứu trước như tuổi và nguồn gốc của khối thấu kính nước nhạt trên địa bàn tỉnh Nam Định. Để có thể làm sáng tỏ những vấn đề còn chưa giải thích được trong nghiên cứu này như xác định tốc độ bổ cập, lưu lượng bổ cập của nước dưới đất,... cần nghiên cứu chi tiết hơn về diện, số lượng mẫu cũng như sử dụng không chỉ các đồng vị tự nhiên mà còn có các đồng vị nhân tạo trong nước để giải thích các vấn đề về đặc điểm địa chất thủy văn.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Quỹ Phát triển Khoa học và công nghệ Quốc gia (NAFOSTED) trong đề tài mã số 105.99-2014.19.

VĂN LIỆU

1. **Clark I., Fritz P., 1997.** Environmental Isotopes in Hydrogeology. Taylor & Francis Group Publisher, ISBN:1566702496.
2. **Craig H., 1961.** Isotopic variations in meteoric waters. *Science*, 133.
3. **Đặng Đình Phúc, 2000.** Nghiên cứu đánh giá tiềm năng, hiện trạng khai thác và dự báo cạn kiệt, xâm nhập mặn NĐĐ khu vực Hải Hậu - Giao Thủy, thuộc vùng duyên hải tỉnh Nam Định. *Báo cáo đề tài. Hà Nội.*
4. **Đoàn Văn Cánh, 1996.** Tài nguyên môi trường NĐĐ vùng Nam Định - Hà Nam. *Báo cáo nghiên cứu khoa học cấp Bộ. Hà Nội.*
5. **Đoàn Văn Cánh, Lê Thị Lại, 2004.** Nghiên cứu, điều tra tổng hợp tài nguyên NĐĐ tỉnh Nam Định, đề xuất một số phương án quy hoạch khai thác, sử dụng hợp lý và bền vững. *Báo cáo đề tài. Hà Nội.*
6. **Frank Wagner, Dang Tran Trung, Hoang Dai Phuc, Falk Lindenmaier, 2011.** Assessment of Groundwater

Resources in Nam Dinh Province. *Improvement of groundwater protection in vietnam.*

7. IAEA, 1983. Guidebook on Nuclear Techniques in Hydrology. *Technical report series No 91, IAEA, Vienna.*

8. IAEA, 2001. Sampling procedure for hydrology. *Water Resources Programme, IAEA, Vienna.*

9. Nguyễn Biểu, 2001. Bản đồ địa chất ven bờ Việt Nam. *Lưu trữ Địa chất. Hà Nội.*

10. Nguyễn Văn Dẫn, 2010. Nước dưới đất vùng ven biển Nam Định và định hướng điều tra, khai thác sử dụng. *TC Tài nguyên và Môi trường, kỳ 1/3:46-49. Hà Nội.*

11. Nguyễn Văn Độ, 1996. Bản đồ DCTV vùng Nam Định tỷ lệ 1:50.000. *Lưu trữ Địa chất. Hà Nội.*

12. Tanabe S., Saito Y., Quang L.V., Hanebuth T.J.J., Quang L.N., Kitamura A., 2006. Holocene evolution of the Song Hong (Red River) delta system, northern Vietnam. *Sediment Geol* 187, 29-61.

13. Tập đoàn Dầu khí quốc gia Việt Nam, 2007. Địa chất và Tài nguyên dầu khí Việt Nam. *Hà Nội.*

14. Trần Nghi, 2012. Trầm tích học. *Nxb Đại học Quốc gia Hà Nội.*

15. Trung tâm cảnh báo và dự báo tài nguyên nước, 2014. Niên giám tài nguyên nước. *Hà Nội.*