

# Phương pháp thủy văn đồng vị trong nghiên cứu nguồn gốc nước dưới đất Đồng Bằng Nam Bộ

- Lâm Hoàng Quốc Việt
- Nguyễn Việt Kỳ

Khoa Kỹ thuật Địa Chất và Dầu khí – Trường Đại Học Bách Khoa, ĐHQG-HCM

(Bài nhận ngày 10 tháng 8 năm 2015; hoàn chỉnh sửa chữa ngày 15 tháng 10 năm 2015)

## TÓM TẮT

Đối với Nước dưới đất ở đồng bằng Nam bộ đến nay vẫn tồn tại hai quan điểm chính, đó là nước chôn vùi và nước dưới đất được hình thành từ nước khí tượng, có bổ cấp hiện đại. Các kết quả nghiên cứu nước dưới đất bằng kỹ thuật thủy văn đồng vị dựa trên các đồng vị Oxy-18, Deteri và một số đồng vị phóng xạ tự nhiên do Trung tâm Hạt nhân TP.HCM tiến hành thời gian qua cho thấy nước dưới đất trong các tầng chứa ở Đồng bằng Nam bộ đều được hình thành từ nước khí tượng trong các

thời kỳ khác nhau, đồng thời cũng đã xác định được nguồn bổ cấp hiện đại của một số tầng chứa nước nông. Qua đó cho thấy Kỹ thuật Thủy văn đồng vị là một phương pháp nghiên cứu địa chất thủy văn tiên tiến đã và đang được tiếp tục sử dụng để tìm hiểu về khả năng có bổ cấp hiện đại của các tầng chứa nước sâu ở khu vực Đồng bằng Nam bộ cũng như để tìm hiểu biến đổi nhiệt độ môi trường trong quá khứ phục vụ nghiên cứu biến đổi khí hậu hiện nay.

**Từ khóa:** Thủy văn đồng vị, Nguồn gốc Nước dưới đất, Oxy-18 và Deteri.

## 1. GIỚI THIỆU

Đồng bằng Nam bộ là vùng cực nam của Việt Nam, giới hạn bởi tọa độ địa lý: từ 10<sup>0</sup>30' đến 12<sup>0</sup>00' vĩ độ bắc và từ 103<sup>0</sup>45' đến 107<sup>0</sup>00' kinh độ đông với diện tích 54. 225 km<sup>2</sup> gồm có 18 đơn vị hành chính. Theo bản đồ địa chất thủy văn tỷ lệ 1/200.000 Nam bộ (1992), vùng Đồng bằng Nam bộ được chia thành 3 miền địa chất thủy văn cấp 1 gồm: miền địa chất thủy văn Nam trung bộ, miền địa chất thủy văn trũng Cửu Long và miền địa chất thủy văn Hà Tiên dựa trên nguyên tắc Cấu trúc địa chất thủy văn trên cơ sở các đơn vị kiến tạo.

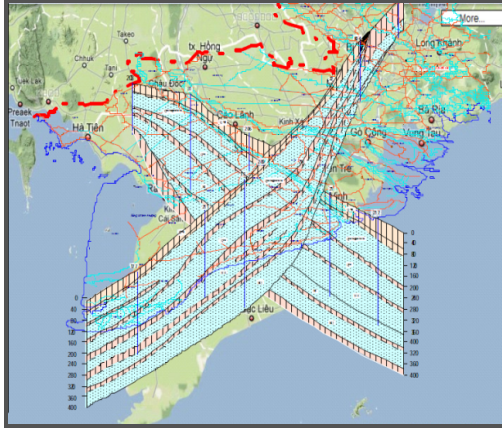
Dựa trên nguyên tắc địa tầng – địa chất thủy văn, vùng Đồng bằng Nam bộ có 7 phân vị địa tầng – địa chất thủy văn gồm các tầng chứa nước sau<sup>[7]</sup>:

1. Tầng chứa nước lỗ hổng các trầm tích Holocen (qh)
2. Tầng chứa nước lỗ hổng các trầm tích Pleistocen giữa – trên (qp<sub>2-3</sub>)
3. Tầng chứa nước lỗ hổng các trầm tích Pleistocen dưới (qp<sub>1</sub>)
4. Tầng chứa nước lỗ hổng các trầm tích Pliocen (n<sub>2</sub>)

5. Tầng chứa nước lỗ hổng các trầm tích Miocen trên ( $n_1^3$ )

6. Tầng chứa nước khe nứt - lỗ hổng các thành tạo Bazan đệ tứ

7. Tầng chứa nước khe nứt các đá móng trước Kainozoi



**Hình 1.** Sự phân bố các tầng chứa nước chính ở Đồng bằng Nam bộ

*Nguồn: Tài nguyên nước dưới đất Đồng bằng Nam bộ, tạp chí khoa học và công nghệ thủy lợi số 14-2013*

Nghiên cứu nguồn gốc nước dưới đất ở Đồng bằng Nam bộ là một vấn đề phức tạp mà đến nay vẫn tồn tại hai quan điểm chính là nước có nguồn gốc chôn vùi và nước có nguồn gốc khí tượng. Bằng phương pháp nghiên cứu thành phần hoá học nước trên đồ thị Piper và các tỷ số đặc trưng, tỷ số dự đoán, đã cho một số kết luận: Thành phần hoá học nước dưới đất trong các thành tạo Holocen là kết quả tác động của nhiều yếu tố, trong đó yếu tố khí hậu, thủy văn, địa hình, thành phần thạch học, mức độ trao đổi nước đóng vai trò quan trọng. Nước dưới đất trong các thành tạo Pleitocen được thành tạo do nước nhạt thẩm cở thay thế nước mặn và bị ngăn cách theo phương ngang bởi nước mặn trẻ. Nước dưới đất trong thành tạo Neogen có nguồn gốc nước nhạt thẩm cở thay thế nước mặn nhưng không bị ngăn cách bởi nước mặn trẻ như trong tầng Pleistocen do được che chắn tốt từ

phía trên<sup>[4]</sup>. Đồng thời kết hợp với phương pháp thủy văn đồng vị làm sáng tỏ vấn đề về quá trình hình thành nguồn gốc nước dưới đất (bổ cập nước khí tượng, bốc hơi, hoà tan, hỗn hợp).

## 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

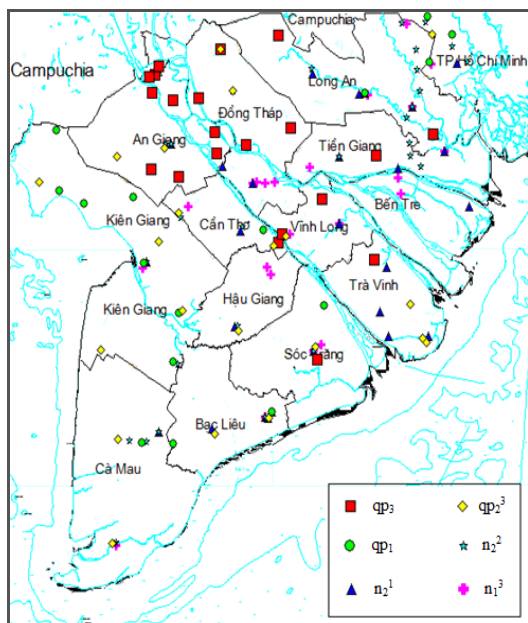
Ngày nay, kỹ thuật hạt nhân đã và đang được ứng dụng ngày càng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực khoa học khác nhau. Địa chất thủy văn đồng vị cũng là một trong những ứng dụng quan trọng của kỹ thuật hạt nhân trong nghiên cứu Địa chất thủy văn. Các kết quả nghiên cứu Địa chất thủy văn bằng phương pháp đồng vị ở nhiều nước trên thế giới đã khẳng định tính chất ưu việt của phương pháp này đó là độ tin cậy và hiệu quả kinh tế cao của nó.

Việc dùng các đồng vị môi trường (O-18, H-3, C-14, ...) nghiên cứu Địa chất thủy văn vùng đồng bằng Nam bộ được thực hiện từ năm 1982<sup>[5]</sup>. Để có được sơ bộ bức tranh đồng vị môi trường của nước dưới đất đồng bằng Nam bộ, tổng cộng 208 mẫu đã được lấy từ tất cả các tầng chứa nước hiện hữu trong đó 83 mẫu được lấy trong giai đoạn 1982 – 1983 do TS. J.F. Arranyossy và GS. Trần Kim Thạch thực hiện và số mẫu còn lại được thu thập bởi phòng Thủy văn đồng vị, Trung tâm Hạt nhân TPHCM. Sơ đồ vị trí các điểm lấy mẫu trình bày trong Hình 2.

### 2.1 Một số khái niệm cơ bản về đồng vị

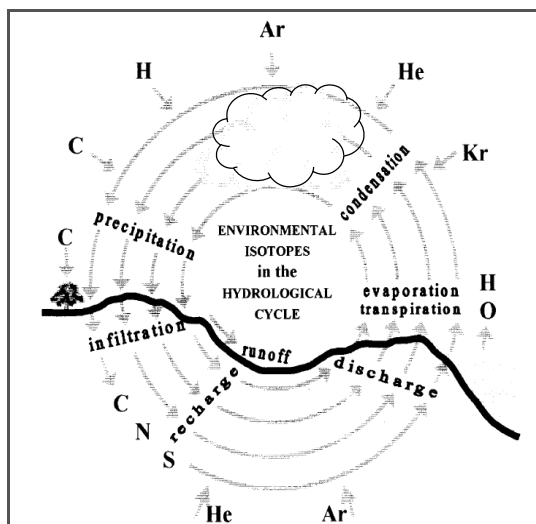
Đồng vị là nguyên tử của cùng một nguyên tố, có số proton giống nhau nhưng khác nhau về số notoron trong hạt nhân (khác nhau về khối lượng). Đồng vị có hạt nhân ổn định gọi là đồng vị bền, đồng vị có hạt nhân không ổn định có khả năng tự phân rã, phát ra tia phóng xạ, tạo thành một đồng vị mới gọi là đồng vị phóng xạ. Các đồng vị xuất hiện trong môi trường tự nhiên, có thành phần thay đổi không phụ thuộc vào tác động của con người gọi là các đồng vị môi trường. Các đồng vị môi trường được sử dụng nhiều trong nghiên cứu Địa chất thủy văn là các

đồng vị bền của Oxy (O-18), của hydro (H-2), của Cacbon (C-13) và các đồng vị phóng xạ Triti (H-3), Cacbon (C-14) (Hình 3)



Hình 2. Sơ đồ vị trí lấy mẫu Vùng đồng bằng Nam bộ

Nguồn: Báo cáo “Một số kết quả ứng dụng kỹ thuật hạt nhân và kỹ thuật đồng vị trong nghiên cứu và bảo vệ tài nguyên nước”, Trung tâm Hạt nhân TPHCM, 2003.



Hình 3. Các đồng vị môi trường trong chu trình thủy văn

Nguồn: *Environmental isotopes in the hydrological cycle, Technical documents in hydrology No.39 Vol.1 UNESCO, Paris, 2000*

## 2.2 Các đồng vị bền Oxy 18 và Deteri

Đại dương là bể chứa đồng vị bền lớn nhất hành tinh, hàm lượng đồng vị bền trong nước đại dương được chọn làm tiêu chuẩn gọi là SMOW (Standard Mean Ocean Water)<sup>[2]</sup>. Hàm lượng đồng vị bền của một loại nước bất kỳ được đo bằng giá trị tương đối so với SMOW, ký hiệu bằng  $\delta$ , đơn vị là ‰ SMOW.

$$\delta(\text{‰}) = (R_x / R_s - 1) \times 1000 \quad (1)$$

Trong đó  $R_x$  và  $R_s$  biểu thị tỷ số của đồng vị nặng và đồng vị nhẹ ( $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$  và  $\text{D}/\text{H}$ )<sup>[6]</sup>

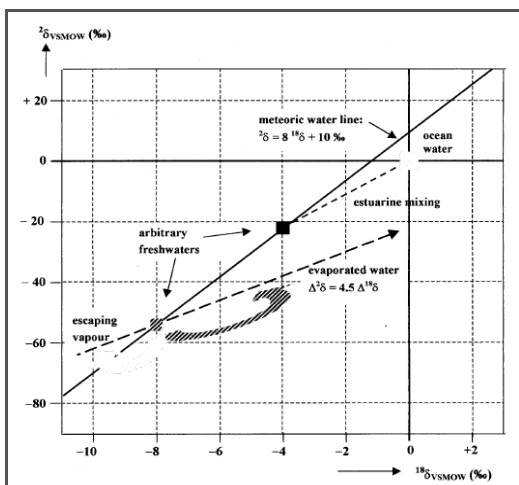
Có thể tóm tắt quy luật phân bố của các đồng vị bền trong nước thiên nhiên như sau:

Trong khí quyển, các đồng vị bền phân bố theo quy luật giảm dần từ thấp lên cao (hiệu ứng độ cao), từ xích đạo về hai cực (hiệu ứng vĩ độ), từ biển vào lục địa (hiệu ứng lục địa), và theo sự tăng của cường độ mưa (hiệu ứng lượng mưa). Ngoài ra, thành phần đồng vị còn thay đổi theo mùa, nước mưa mùa hè giàu đồng vị nặng hơn mùa đông<sup>[2]</sup>. Kết quả nghiên cứu từ dự án IAEA/WMO (International Atomic Energy Agency – World Meteorological Organization) cho phép lập ra bản đồ phân bố hàm lượng Oxy-18 của nước mưa thế giới và đồ thị quan hệ tuyến tính giữa  $\delta^{18}\text{O}$  và  $\delta\text{D}$ , đó là một đường thẳng có phương trình:

$$\delta\text{D} = (8,167 \pm 0,079)\delta^{18}\text{O} + (10,55 \pm 0,64) \quad (2)$$

Đường thẳng này có tên là GMWL (Global Meteorical Water Line). GMWL được dùng làm đường chuẩn để so sánh thành phần đồng vị của các loại nước thành tạo trong điều kiện khí hậu khác nhau<sup>[1]</sup>. Nước thành tạo trong khí hậu khô, quá trình bay hơi mạnh các điểm giá trị hàm lượng đồng vị bền của nước nằm lệch về phía bên phải GMWL; trong điều kiện ngưng tụ, các điểm giá trị hàm lượng đồng vị bền của nước

nằm về bên trái GMWL. Trên cơ sở đó có thể xác định được nguồn gốc của nước.



**Hình 4.** Đồ thị đường nước khí tượng thế giới - Global Meteorical Water Line

Nguồn: Lecture National training Course on Isotope hydrology for Enhancement of capacity in application of Isotope techniques in Assessment and management of water resource, Ho Chi Minh city, April 2014.

Nước sông phản ánh thành phần đồng vị của nước khí tượng. Tuy nhiên, các sông lớn thể hiện sự pha trộn đồng vị của nước mưa qua nhiều vùng có điều kiện khí hậu khác nhau, còn nước sông nhỏ phản ánh rõ thành phần đồng vị của nước mưa địa phương. Sự thay đổi thành phần đồng vị của nước sông so với quy luật chung của chúng cho phép phát hiện sự cung cấp của nước dưới đất cho nước sông ở từng khu vực và thời gian quan sát cụ thể và ngược lại.

Trong vòng tuần hoàn chung của nước thiên nhiên, giữa khí quyển và nước dưới đất có liên hệ trực tiếp với nhau. Nước trong thổ nhưỡng và nước trong các tầng chứa nông được cung cấp trực tiếp bởi nước mưa và nước mặt, chúng phản ánh thành phần đồng vị đặc trưng của loại nước này. Nếu có sự thay đổi nào đó thì nghĩa là đã có sự pha trộn giữa chúng với các loại nước khác. Nước dưới đất thường là hỗn

hợp của hai hay nhiều loại nước có nguồn gốc khác nhau, do sự pha trộn của nước trẻ với nước chôn vùi hoặc nước nguyên sinh. Dựa vào thành phần đồng vị, có thể xác định được nguồn gốc chủ yếu của loại nước nghiên cứu.

### 3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

Xử lý thống kê các số liệu phân tích cho “đặc trưng đồng vị bền” của nước dưới đất trong các tầng chứa, nước mưa (2011) và nước mặt ở Đồng bằng Nam bộ trong *Bảng 1* như sau:

**Bảng 1.** Đặc trưng đồng vị bền của các tầng chứa nước Đồng bằng Nam bộ

Nhóm nước	Hàm lượng O-18 (‰)		Hàm lượng D (‰)	
	Trung bình	Độ lệch chuẩn	Trung bình	Độ lệch chuẩn
Nước mặt	-6,35	0,37	-41,30	2,50
Nước mưa	-7,14	1,71	-38,15	14,12
qp <sub>3</sub>	-6,35	0,77	-46,90	5,90
qp <sub>2</sub> <sup>3</sup>	-6,37	0,78	-46,10	5,80
qp <sub>1</sub>	-6,50	0,63	-45,05	3,70
n <sub>2</sub> <sup>2</sup>	-7,02	1,39	-47,10	9,30
n <sub>2</sub> <sup>1</sup>	-7,01	0,42	-50,15	3,50
n <sub>1</sub> <sup>3</sup>	-6,66	1,48	-46,85	10,20
Mz	-	-	-	-

Trong đó:

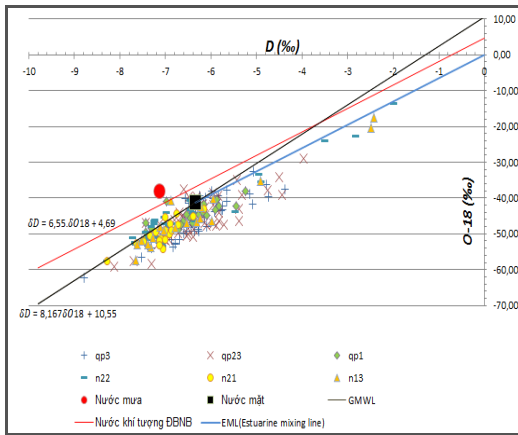
**Bảng 2.** Số lượng mẫu đã lấy ở mỗi tầng chứa nước của Đồng bằng Nam bộ

Tầng chứa	qp3	qp2 <sup>3</sup>	qp1	n <sub>2</sub> <sup>2</sup>	n <sub>2</sub> <sup>1</sup>	n <sub>1</sub> <sup>3</sup>	Mz	Tổng
Số mẫu	52	57	24	34	21	20	0	208

Theo kết quả báo cáo giữa kỳ chương trình quan trắc thành phần đồng vị trong nước mưa tại vùng Đồng bằng Nam bộ giai đoạn 2007 – 2015, đồ thị quan hệ tuyến tính giữa  $\delta^{18}O$  và  $\delta D$ , đó là một đường thẳng có phương trình:

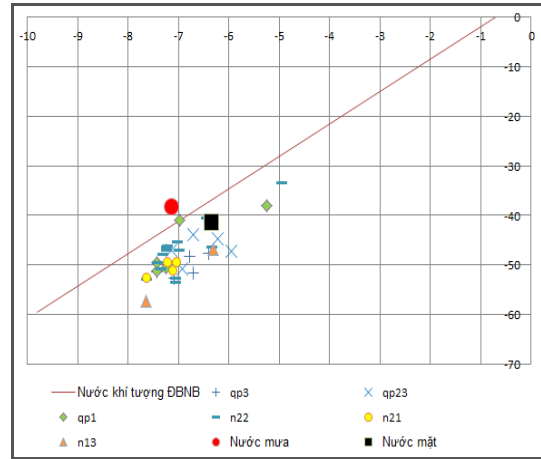
$$\delta D = 6,55\delta^{18}O + 4,6 \quad (3)$$

Quan hệ giữa hàm lượng Oxy-18 và Deteri các mẫu đã thu thập được biểu diễn trong Hình 5 dưới đây.

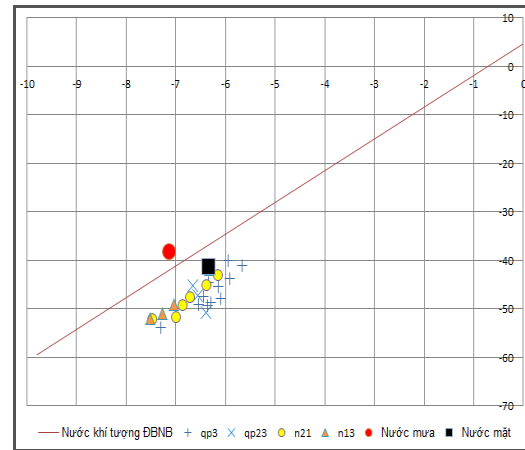


**Hình 5.** Đồ thị quan hệ giữa Oxy-18 và Deteri của các tầng chứa nước khu vực Đồng Bằng Nam bộ

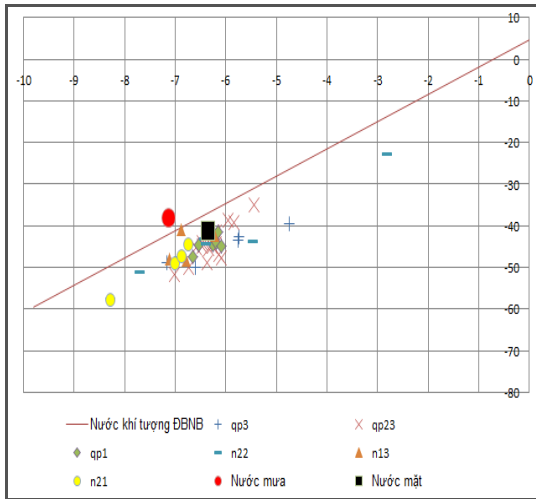
Đồ thị quan hệ giữa hàm lượng Oxy-18 và Deteri các mẫu đã thu thập được chia thành 3 khu vực Bắc sông Tiền, Nam sông Hậu và khu vực giữa 2 sông lần lượt như sau:



**Hình 6.** Đồ thị quan hệ giữa Oxy-18 và Deteri của các tầng chứa nước khu vực Bắc sông Tiền



**Hình 7.** Đồ thị quan hệ giữa Oxy-18 và Deteri của các tầng chứa nước khu vực giữa sông Tiền và sông Hậu



**Hình 8.** Đồ thị quan hệ giữa Oxy-18 và Deteric của các tầng chứa nước khu vực Nam sông Hậu

Nguồn gốc nước dưới đất Đồng bằng Nam bộ được đánh giá trên cơ sở nghiên cứu thành phần đồng vị bền trong nước qua quan hệ giữa hàm lượng Oxy-18 và Deteri (Hình 5), hầu hết các điểm về quan hệ giữa hàm lượng Oxy-18 và Deteri của Nước dưới đất Đồng bằng Nam bộ phân bố dọc theo đường nước khí tượng ĐBNB và nằm lệch về bên phải so với đường nước khí tượng ĐBNB (Hình 5) cho thấy nguồn gốc và điều kiện thành tạo Nước dưới đất Đồng bằng Nam bộ là nước có nguồn gốc khí tượng thành tạo trong điều kiện bị bay hơi, cụ thể mỗi tầng như sau:

Các điểm giá trị của nước các tầng Pleistocen trên ( $qp_3$ ), Pleistocen giữa - trên ( $qp_2^3$ ), Pleistocen dưới ( $qp_1$ ) có vùng phân bố quanh điểm giá trị của nước mưa và nước mặt (Hình 5) cho thấy nước trong các tầng Pleistocen ở Đồng bằng Nam bộ có quan hệ thủy lực với nước mặt và được bổ cấp từ nước mưa hiện đại thông qua các vùng lộ nằm trong phạm vi đồng bằng cũng như các vùng lân cận.

Nước dưới đất nằm trong các tầng Pliocen giữa ( $n_2^2$ ), Pliocen dưới ( $n_2^1$ ) và tầng Miocen ( $n_1^3$ ) cũng có nguồn gốc khí tượng. Các điểm giá trị của nước trong 3 tầng này có xu hướng phân

bố trên đường hoà trộn với nước biển (Estuarine mixing line (Hình 5)) cho thấy nước trong 3 tầng này có sự hoà trộn với nước biển. Đặc biệt là tầng nước sâu Pliocen dưới ( $n_2^1$ ) và tầng Miocen ( $n_1^3$ ) với các điểm giá trị phân bố rất gần về gốc tọa độ cho thấy sự trao đổi với nước biển có tuổi trẻ. Miền bổ cấp cho tầng chứa này được ước lượng ở độ cao tương ứng là 130m – 190m cao hơn miền bổ cấp tầng chứa Pleistocene. Các miền bổ cấp này tương ứng với vùng kéo dài của đồng bằng về phía đông bắc và các vùng cao nằm trong lãnh thổ Campuchia. Ngoài ra, một số điểm giá trị phân bố quanh điểm giá trị của nước mặt cho thấy có khả năng có sự quan hệ thủy lực của 3 tầng chứa này với nước mặt ở khu vực phía đông ĐBNB.

Nước trong tầng đá gốc (Mz) hiện chưa được nghiên cứu cụ thể.

Ở khu vực phía Bắc sông Tiền, các điểm giá trị Oxy-18 và Deteri phân bố tập trung xa điểm nước mặt hơn so với khu vực giữa 2 sông và khu vực Nam sông Hậu (Hình 6). Ở khu vực giữa sông Tiền và sông Hậu các điểm giá trị Oxy-18 và Deteri phân bố gần về điểm giá trị của nước mặt hơn trừ các điểm của tầng Miocen ( $n_1^3$ ) và một số điểm của tầng Pliocen dưới ( $n_2^1$ ) (Hình 7). Ở khu vực nam sông Hậu, các điểm giá trị Oxy-18 và Deteri phân bố tập trung xung quanh điểm nước mặt (Hình 8). Qua đó cho thấy đối với khu vực phía Bắc sông Tiền không có sự bổ cấp của nước mặt đối với các tầng nước sâu như Pliocen dưới ( $n_2^1$ ), tầng Miocen ( $n_1^3$ ) và quan hệ thủy lực với các tầng nước nông cũng không thể hiện rõ. Đối với khu vực giữa 2 sông thì có quan hệ thủy lực giữa nước mặt với các tầng chứa trừ tầng Pliocen dưới ( $n_2^1$ ) và tầng Miocen ( $n_1^3$ ). Đối với khu vực phía Nam sông Hậu do sự cách tầng không tốt nên có khả năng có sự trao đổi nước giữa các tầng chứa làm cho các điểm giá trị Oxy-18 và Deteri đều phân bố tập trung xung quanh điểm nước mặt.

#### 4. KẾT LUẬN

Các số liệu đồng vị tuy còn chưa đầy đủ nhưng đã phần nào cho thấy nguồn gốc và điều kiện thành tạo của Nước dưới đất Đồng bằng Nam bộ là nước có nguồn gốc khí tượng thành tạo trong điều kiện bị bay hơi mà phương pháp địa chất thủy văn truyền thống khó cho kết quả minh bạch.

Nước các tầng Pleistocen trên ( $qp_3$ ), Pleistocen giữa - trên ( $qp_2^3$ ), Pleistocen dưới ( $qp_1$ ) được bổ cấp từ nước mưa hiện đại thông qua các vùng lộ nằm trong phạm vi đồng bằng cũng như các vùng lân cận. Nước dưới đất nằm trong các tầng Pliocen giữa ( $n_2^2$ ), Pliocen dưới ( $n_2^1$ ) và tầng Miocen ( $n_1^3$ ) có miền bổ cấp là vùng kéo dài của đồng bằng về phía đông bắc và các vùng cao nằm trong lãnh thổ Campuchia, ngoài ra cũng dự báo khả năng có quan hệ thủy lực giữa nước mặt với nước dưới đất trong các tầng chứa này.

#### 5. NHẬN XÉT ĐÁNH GIÁ

125 mẫu đồng vị bền đã được thu thập bổ sung đặc biệt ở các tầng chứa nước sâu như Pliocen giữa ( $n_2^2$ ), Pliocen dưới ( $n_2^1$ ) và tầng Miocen ( $n_1^3$ ) ở khu vực Đồng bằng Nam bộ so với kết quả nghiên cứu trong giai đoạn 1982 – 1983 là 83 mẫu. Qua đó việc giải đoán các số

liệu đồng vị bền và đồng vị phóng xạ theo nguyên tắc địa tầng – địa chất thủy văn, vùng Đồng bằng Nam bộ có 7 phân vị địa tầng – địa chất thủy văn cho kết quả cụ thể và rõ ràng hơn so với kết quả nghiên cứu trong giai đoạn 1982 – 1983 chỉ có 5 tầng chứa nước. Và chỉ ra miền bổ cấp cho các tầng chứa nước ở khu vực Đồng bằng Nam bộ cũng như dự báo khả năng có quan hệ thủy lực giữa nước dưới đất với nước mặt ở khu vực này.

Các số liệu về các tầng nước sâu vẫn còn hạn chế, đặc biệt là tầng đá gốc Mz (chưa có số liệu) cần được thu thập bổ sung và nghiên cứu đầy đủ hơn.

Mật độ lấy mẫu nghiên cứu còn thưa, chưa xác định được quy luật phân bố của các loại nước có nguồn gốc khác trong khu vực Đồng bằng Nam bộ.

Số liệu về đồng vị bền ở khu vực giữa sông Tiền và sông Hậu vẫn còn hạn chế. Đặc biệt là tầng Pleistocen dưới ( $qp_1$ ) và tầng Pliocen giữa ( $n_2^2$ ) vẫn chưa có số liệu.

Cần kết hợp với các số liệu nghiên cứu về tuổi của Cacbon 14 và Triti để minh giải rõ ràng và hiệu quả hơn về nguồn bổ cấp, mối liên hệ giữa nước hiện đại với nước cổ, hướng vận động,...

# Application isotope hydrology method research about original groundwater of Nam Bo Plain

- Lam Hoang Quoc Viet
- Nguyen Viet Ky

Faculty of Geology and Petroleum Engineering, Ho Chi Minh city University of Technology, VNU-HCMC

## ABSTRACT

*There are two main points of view about underground water in Nam Bo Plain. These are: fossil water and groundwater formed from water meteorology. The research results about underground water using isotope hydrology techniques based on the isotope oxygen-18, Deterium and some natural radioisotopes conducted by Center for Nuclear techniques show that underground water in the aquifer*

*of Nam Bo Plain is formed from meteorological water in different periods. They also reveal the recharge sources of some shallow aquifers. Therefore, Isotope hydrology technique is a good method for studying about recharging of the deep aquifers at Nam Bo Plain as well as to learn the environmental temperature change in the past for research climate change now.*

**Key words:** Isotope hydrology, Original Groundwater, Oxygen 18, Deterium.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. W.G. Mook, *Environmental isotopes in the hydrological cycle*, Technical documents in hydrology No.39 Vol.1 UNESCO, Paris, 2000.
- [2]. V.K. Tuyền, Luận án tiến sĩ “*Phương pháp đồng vị nghiên cứu tuổi và nguồn gốc nước dưới đất trầm tích đệ tứ Đồng bằng Bắc bộ*”, Đại học Mỏ địa chất, Hà Nội, 1995.
- [3]. Đ.V. Cảnh, *Tài nguyên nước dưới đất Đồng bằng Nam bộ*, tạp chí khoa học và công nghệ thủy lợi số 14, 2013.
- [4]. Đ.T. Hùng, Luận án tiến sĩ “*Sự hình thành thành phần hoá học nước dưới đất và ý nghĩa của nó trong tiền đề tìm kiếm thăm dò và khai thác nước dưới đất trong các trầm tích Kainozoi ở Đồng bằng Nam bộ*”, Trường Đại học Mỏ - Địa chất Hà Nội, 1996
- [5]. N.K. Chính, Báo cáo “*Một số kết quả ứng dụng kỹ thuật hạt nhân và kỹ thuật đồng vị trong nghiên cứu và bảo vệ tài nguyên nước*”, Phòng thủy văn đồng vị - Trung tâm Hạt nhân TPHCM, 2003.
- [6]. S.K. Gupta, *Modern Hydrology and Sustainable water development*, A Jonh Wiley & Sons, Ltd, 2011
- [7]. *Nước dưới đất Đồng bằng Nam Bộ*, Cục Địa chất và Khoáng sản Việt Nam, 1998