

**Bài báo nghiên cứu**

**NGHIÊN CỨU ĐÁNH GIÁ TƯƠNG QUAN GIỮA HOẠT ĐỘNG  $^{14}\text{C}$   
VÀ HOẠT ĐỘNG URANI TRONG MẪU NƯỚC DƯỚI ĐẤT  
TẠI ĐỒNG BẰNG NAM BỘ**

*Nguyễn Phạm Tường Minh\*, Trần Thị Bích Liên,  
Lâm Hoàng Quốc Việt, Nguyễn Văn Phúc, Đào Văn Hoàng*

*Trung tâm Hạt nhân Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam*

*\*Tác giả liên hệ: Nguyễn Phạm Tường Minh – Email: [nptuongminh1002@gmail.com](mailto:nptuongminh1002@gmail.com)*

*Ngày nhận bài: 31-10-2023; ngày nhận bài sửa: 21-02-2024; ngày duyệt đăng: 23-02-2024*

## TÓM TẮT

Nghiên cứu này được thực hiện để khảo sát hoạt độ đồng vị  $^{14}\text{C}$  và đồng vị urani trong 6 mẫu nước dưới đất đã được lấy từ sáu tầng chứa nước thuộc trạm Q602 tại Tiền Giang, nhằm đánh giá tương quan giữa hoạt độ  $^{14}\text{C}$  và hoạt độ urani trong mẫu nước dưới đất, qua đó đánh giá khả năng ứng dụng các đồng vị  $^{238}\text{U}$  và  $^{234}\text{U}$  trong việc xác định tuổi nước dưới đất ở đồng bằng Nam Bộ. Urani hòa tan trong các mẫu nước được tách chiết bằng phương pháp trao đổi ion, dùng nhựa cation C100, và đo hoạt độ đồng vị  $^{238}\text{U}$  và  $^{234}\text{U}$  bằng hệ phổ kế alpha. Đồng vị phóng xạ  $^{14}\text{C}$  trong các mẫu nước được phân tích bằng phổ kế nhấp nháy lỏng phóng thấp sau khi chuyển carbon vô cơ hòa tan trong mẫu về dạng benzene. Kết quả thu được cho thấy: 1) hoạt độ riêng của đồng vị  $^{238}\text{U}$  thay đổi từ 0,970 - 6,771 mBq/L, hoạt độ riêng của đồng vị  $^{234}\text{U}$  thay đổi từ 1,250 - 13,461 mBq/L, và đều đạt cao nhất tại TCN qp<sub>1</sub>. 2) trong mẫu nước thuộc các tầng chứa nước Pleistocene, sự tương quan giữa hoạt độ  $^{14}\text{C}$  và độ sâu, giữa hoạt độ  $^{14}\text{C}$  và hoạt độ riêng của đồng vị  $^{238}\text{U}$  hay  $^{234}\text{U}$  đều là nghịch biến. 3) trong mẫu nước thuộc các tầng chứa nước Pliocene, sự tương quan giữa hoạt độ  $^{14}\text{C}$  và độ sâu cũng là nghịch biến, trong khi giữa hoạt độ  $^{14}\text{C}$  và hoạt độ riêng của đồng vị  $^{238}\text{U}$  hay  $^{234}\text{U}$  đều là đồng biến.

**Từ khóa:**  $^{14}\text{C}$ ; đồng bằng Nam Bộ; nước dưới đất; hóa phóng xạ; urani

## 1. Giới thiệu

Trong địa chất thủy văn, tuổi của nước là một thông số quan trọng để nghiên cứu động học nước dưới đất (NDĐ). Tuổi NDĐ được dùng để xác định tốc độ và hướng vận động của nước trong tầng chứa; xác định miền bổ cấp và nguồn bổ cấp NDĐ. Các thông tin này là rất quan trọng để đánh giá tiềm năng nước, quy hoạch và khai thác bền vững nguồn tài nguyên NDĐ.

Các nghiên cứu NDĐ ở đồng bằng Nam Bộ (ĐBNB) thời gian qua bằng kỹ thuật đồng vị thủy văn, với cơ sở vật chất và kỹ thuật hiện có, gặp một khó khăn lớn khi xác định tuổi

---

*Cite this article as:* Nguyen Pham Tuong Minh, Tran Thi Bich Lien, Lam Hoang Quoc Viet, Nguyen Van Phuc, & Dao Van Hoang (2024). A study on the correlation between  $^{14}\text{C}$  activity and uranium activity in the groundwater in Nambo plain. *Ho Chi Minh City University of Education Journal of Science*, 21(4), 604-616.

của NĐĐ, đặc biệt là các tầng chứa nước (TCN) sâu. Số liệu thu được cho thấy, tuổi của NĐĐ ở một số vị trí, một số TCN hiện hữu được xác định bằng kỹ thuật  $^{14}\text{C}$  ghi nhận tuổi lớn hơn 40.000 năm, tuy nhiên sai số rất lớn. Điều này khẳng định, để nghiên cứu động học NĐĐ tại ĐBNB, ngoài  $^{14}\text{C}$ , cần thiết phải sử dụng đồng vị khác, phù hợp để xác định tuổi. Các đồng vị  $^{81}\text{Kr}$  hay  $^{36}\text{Cl}$  đòi hỏi kỹ thuật lấy mẫu, tách chiết, đo đạc phức tạp, chi phí cao và hiện mới chỉ được sử dụng tại một vài nước phát triển. Trong khi đó, đồng vị urani được xem là phù hợp khi thỏa mãn yêu cầu về thời gian bán rã lớn ( $10^5$ - $10^9$  năm) và tính tan trong nước để có thể xác định tuổi NĐĐ từ trăm ngàn năm (International Atomic Energy Agency – IAEA, 2013).

Nghiên cứu tách chiết urani trong các mẫu nước bằng phương pháp trao đổi ion đã diễn ra mạnh mẽ. Trong đó, một số nhựa anion đã được nghiên cứu như: Amberlite IRA-402 (Abdel, 2014), Amberlite IRA-425 (Abd et al., 1994), Dowex-IX8 (Barnes et al., 1974) đều đạt kết quả tốt và hiệu suất cao khoảng 80%. Nhựa cation cũng đã được thử nghiệm, Bhattacharyya và cộng sự (2006) sử dụng cation Dowex 50Wx4 cùng Dowex 50Wx8 (Bhattacharyya et al., 2006) hay (Kiliari & Pashalidis, 2010) dùng Chelex-100. Đáng chú ý, nhóm Khawassek (2017) nghiên cứu sự hấp phụ của urani trên bề mặt nhựa Amberjet 1200 H (AHR) cho kết quả khoảng ~90%. Qua đó cho thấy, việc nghiên cứu các vật liệu nhằm cải tạo nguồn nước bị ô nhiễm phóng xạ thu được kết quả khả quan, là cơ sở cho việc tách chiết urani bằng phương pháp trao đổi ion trong NĐĐ.

Trong nước, nhóm tác giả Nguyễn Văn Phú và cộng sự (2016) bằng cách sử dụng nhựa Dowex A550 đã tách và thu hồi thành công urani trong nước thải của quá trình thủy luyện quặng đất hiếm (Nguyen et al., 2016). Kết quả cho thấy, dòng thải sau quá trình rửa giải không còn chứa tác nhân phóng xạ và urani thu được có thể sử dụng làm nguyên liệu sản xuất nhiên liệu hạt nhân. Ngô Mỹ Hạnh (2018) đã nghiên cứu điều kiện tối ưu khi sử dụng nhựa trao đổi cation C100 để xác định hoạt độ urani trong mẫu RGU-1 do IAEA cung cấp (Ngo, 2018). Theo đó, với tốc độ kiểm soát 1 mL/phút và dung dịch rửa giải là axit nitric  $\text{HNO}_3$  2M sẽ cho kết quả hoạt độ urani có độ lệch so với hoạt độ mẫu RGU-1 là 8,60%. Nhận thấy giá trị độ lệch không đáng kể, vì vậy phương pháp sử dụng nhựa trao đổi cation C100 là phương pháp phù hợp để khảo sát hoạt độ urani trong dung dịch. Đến khi tác giả Nguyễn Phạm Tường Minh (2019) kế thừa lại quy trình này để tách chiết urani trong NĐĐ tại khu vực Thành phố Hồ Chí Minh đã đạt hiệu suất tổng là 87,69% (Nguyen, 2019). Đây cũng là cơ sở để nhóm nghiên cứu đề xuất thực hiện khảo sát tỉ số hoạt độ  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  trong các mẫu NĐĐ tại đồng bằng Nam Bộ.

Nghiên cứu này bước đầu khảo sát và xác định hoạt độ urani có trong NĐĐ thông qua việc tách chiết bằng phương pháp hóa phóng xạ và đo đạc hoạt độ bằng hệ phổ kế Alpha Analyst (Bộ môn Vật lý Hạt nhân – Kỹ thuật hạt nhân – Vật lý Y khoa, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên – Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh). Xác định hoạt độ  $^{14}\text{C}$  bằng hệ đo nhấp nháy lỏng đo bức xạ beta thông thấp tại Trung tâm Hạt nhân Thành phố Hồ Chí

Minh. Qua đó, đánh giá tương quan giữa hoạt độ  $^{14}\text{C}$  và hoạt độ urani trong mẫu NĐĐ tại ĐBNB, tạo tiền đề cho đánh giá khả năng ứng dụng tỉ số hoạt độ  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  trong việc xác định tuổi NĐĐ ở đồng bằng Nam Bộ trong các nghiên cứu tiếp theo.

### 1.1. Điều kiện tự nhiên

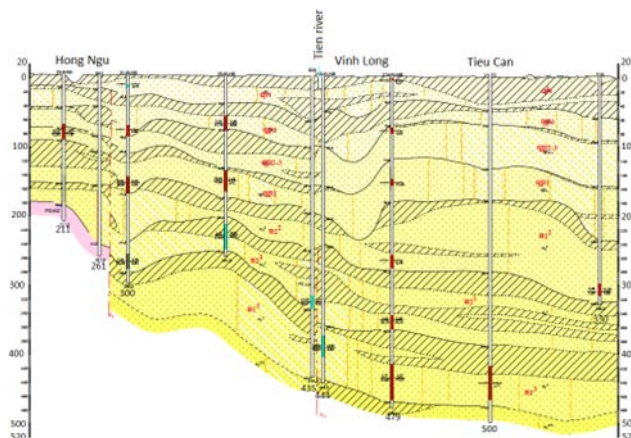
Đồng bằng Nam Bộ là vùng cực Nam của Việt Nam, có diện tích tự nhiên hơn 54.000km<sup>2</sup> với hơn 40 triệu dân, là một vùng kinh tế trọng điểm của Việt Nam. Phía Tây và Tây Nam tiếp giáp với Biển Đông, phía Bắc – Đông Bắc giáp với cao nguyên Nam Trung Bộ, và giáp với Campuchia ở phía Tây Bắc. ĐBNB là khu vực tương đối bằng phẳng, cao ở phía Bắc và Đông Bắc, thấp dần về phía Nam và Đông Nam. Ngoài ra còn có một số núi nhỏ và vùng đồi thấp ở rìa phía Tây Nam và phía Bắc.

ĐBNB nằm trong khu vực khí hậu nhiệt đới gió mùa cận xích đạo với hai mùa rõ rệt. Mùa mưa, là thời gian hoạt động của gió mùa Tây Nam nóng ẩm, diễn ra từ tháng 5 tới cuối tháng 10 hàng năm, lượng mưa trung bình năm vào khoảng 1800 mm. Mùa khô, từ tháng 11 tới tháng 4 năm sau trùng với thời gian mà gió mùa Đông Bắc khô, lạnh chiếm ưu thế. Nhiệt độ cao nhất vào tháng 3, thấp nhất vào tháng 11 và trung bình khoảng 27°C.

Về mặt thạch học, có thể chia ĐBNB thành hai vùng: Vùng Đông Nam Bộ (gồm các tỉnh Đồng Nai, Bình Dương, Tây Ninh, Bà Rịa – Vũng Tàu và Thành phố Hồ Chí Minh) với thành phần thạch học chủ yếu là bazan phong hóa và phù sa cổ; Vùng Tây Nam Bộ (gồm 13 tỉnh thành đồng bằng sông Cửu Long) được hình thành bởi trầm tích phù sa trẻ (Vu et al., 1998).

Về mặt thủy văn, ĐBNB hệ thống kênh rạch chằng chịt và có ba hệ thống sông chính là sông Mekong, sông Vàm Cỏ và sông Đồng Nai. Trong đó lớn nhất là sông Mekong chảy vào khu vực ĐBNB qua hai nhánh là sông Tiền và sông Hậu với lưu lượng hằng năm khoảng 500 km<sup>3</sup>.

### 1.2. Đặc điểm địa tầng địa chất thủy văn

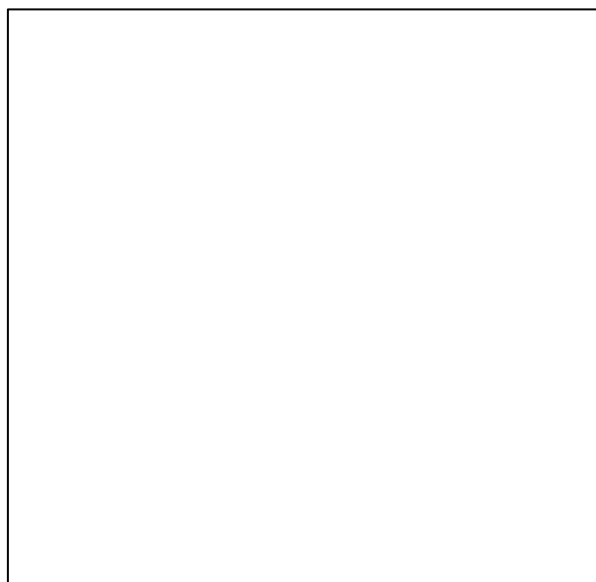


**Hình 1.** Mặt cắt địa chất hướng Tây Bắc-Đông Nam ở ĐBNB (Louvat & Ho, 2001)

Theo kết quả phân tầng địa chất thủy văn (Louvat & Ho, 2001), hệ thống NĐĐ ở ĐBNB được chia thành 08 TCN trong các trầm tích lỗ hổng là tầng Holocene (qh), tầng Pleistocene trên (qp<sub>3</sub>), Pleistocene giữa trên (qp<sub>2-3</sub>), Pleistocene dưới (qp<sub>1</sub>), tầng Pliocene

trên ( $n_2^2$ ), Pliocene dưới ( $n_2^1$ ), các tầng Miocene ( $n_1^3, n_1^{2-3}$ ) và nước trong đá gốc (Mz) như được thể hiện trên mặt cắt địa chất thủy văn ĐBNB theo hướng Tây Bắc-Đông Nam ở Hình 1. Trong đó, Holocene có thành phần thạch học chủ yếu cát mịn đến trung, bột sét, bột sét pha cát; tầng Pleistocene chủ yếu là cát lẫn sạn sỏi xen kẽ các lớp mỏng bột sét pha cát, đôi chỗ có lẫn sỏi sạn. Còn lại, Pliocene và Miocene là cát trung thô lẫn sạn sỏi, cát pha bột sét.

## 2. Đối tượng và phương pháp nghiên cứu



**Hình 2.** Vị trí lấy mẫu phân tích tại Tiền Giang

Với điều kiện thu thập mẫu là từ 06 TCN khác nhau (trừ tầng Holocene-qh và nước trong đá gốc-Mz) thuộc cùng một vị trí lấy mẫu, sao cho mẫu nước có  $EC < 2000 \mu S/cm$ , dựa vào các nghiên cứu trước đó: trạm quan trắc động thái và chất lượng NĐĐ quốc gia Q602 (Hậu Bắc Mỹ A, Cái Bè, Tiền Giang) có đầy đủ các giếng theo yêu cầu (mỗi TCN đại diện 01 giếng khoan), do đó 06 giếng thuộc 06 TCN tại trạm Q602 là đối tượng của nghiên cứu này. Vị trí lấy mẫu nghiên cứu được thể hiện trên Hình 2.

Tổng cộng 06 mẫu NĐĐ thuộc các tầng qp<sub>3</sub>, qp<sub>2-3</sub>, qp<sub>1</sub>,  $n_2^2$ ,  $n_2^1$ , và  $n_1^3$  đã được thu thập cho quá trình xác định hoạt độ riêng  $^{234}U$  và  $^{238}U$  bằng phương pháp trao đổi ion trước khi tiến hành đo dùng hệ phổ kế alpha; xác định hoạt độ  $^{14}C$  trong mẫu nước bằng phổ kế nhấp nháy lỏng thông thấp sau khi chuyển carbon vô cơ hòa tan trong mẫu về dạng benzene.

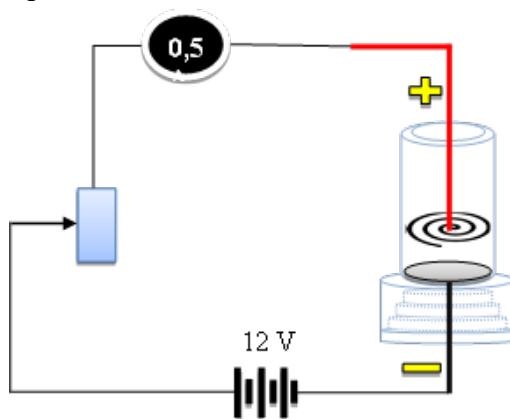
### 2.1. Xác định hiệu suất điện phân

Quy trình mạ điện tạo mẫu đo (Oh et al., 2014) dùng để xác định hiệu suất điện phân được thực hiện theo các bước sau:

- (1). Lấy 1 mL dung dịch urani chuẩn uranyl nitrate  $UO_2(NO_3)_2$  pH = 4,5 ÷ 5 đã biết hoạt độ ban đầu, đem hong khô.
- (2). Dung dịch điện phân gồm có: 1 mL axit nitric 10%, 10 mL dung dịch  $(NH_4)_2SO_4$ .
- (3). Lắp vào phần ống điện phân 1 một đĩa inox sạch đã qua xử lí bề mặt. Hệ mạch điện phân như Hình 3.

(4). Tiến hành điện phân với các thông số: hiệu điện thế 12 V, cường độ dòng điện 0,5 A và thời gian 60 phút.

(5). Khi quá trình điện phân kết thúc, loại bỏ tạp chất sót lại bám trên mặt đĩa và tiến hành đo hoạt độ bằng hệ phổ kế alpha.



**Hình 3.** Sơ đồ mạch điện hệ điện phân

Công thức xác định hiệu suất điện phân thể hiện tại (1) và sai số kèm theo (2)

$$H_{dp} = \frac{A_{dp}}{A_c} \times 100 \tag{1}$$

$$\sigma_{H_{dp}} = H_{dp} \cdot \sqrt{\left(\frac{\sigma_{A_{dp}}}{A_{dp}}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{A_c}}{A_c}\right)^2} \tag{2}$$

trong đó:  $H_{dp}$  là hiệu suất quá trình điện phân (%)

$A_{dp}$  là hoạt độ riêng của mẫu đo điện phân (mBq/L)

$A_c$  là hoạt độ riêng mẫu chuẩn (mBq/L).

Sau các lần thực hiện, hiệu suất điện phân đạt trung bình  $(91,8 \pm 6,23)\%$  (Nguyen, 2019) là cơ sở cho nghiên cứu này.

## 2.2. Xác định hiệu suất rửa giải

Quá trình tách chiết urani bằng phương pháp trao đổi nhựa ion C100 được thực hiện dựa trên các kết quả nghiên cứu trước đó cho các loại nhựa trao đổi khác nhau (Tiêu chuẩn Việt Nam [TCVN], 2018), qua đó trong nghiên cứu của mình, tác giả Ngo (2018) đã thực hiện các thử nghiệm xác định các điều kiện tối ưu cho quá trình này như: độ pH, thời gian chảy qua, nồng độ các axit... Quy trình hấp phụ dung dịch chứa urani qua nhựa C100 được thực hiện theo các bước:

- (1). Cho 1 mL dung dịch chuẩn vào cốc thủy tinh, lắc đều và đem cô cạn trên bếp nung.
- (2). Sau khi cô cạn hoàn toàn dung dịch trong cốc, cho thêm 5 mL axit nitric loãng có pH = 2 vào cốc, lắc đều để axit có thể hòa tan hết urani.
- (3). Cân 2 gam nhựa trao đổi cation C100, cho vào cột đã được làm sạch. Nhựa cation C100 là một loại nhựa trao đổi cation axit mạnh, được dùng nhiều trong việc làm mềm nước hoặc loại bỏ kim loại trong nước. Với hình dạng là hình cầu nhỏ có kích thước 0,3-1,2 mm,

giúp cho diện tích tiếp xúc giữa hạt nhựa và urani trong mẫu, cũng như khả năng urani được hấp phụ trên bề mặt nhựa là khá lớn.

(4). Xử lý cột nhựa bằng axit trước khi tiến hành thí nghiệm nhằm loại bỏ tạp chất và cặn bẩn của nhựa:

- Cho từ từ 8 mL axit clohidric nồng độ 2 M chảy qua cột nhựa để rửa nhựa;
- Thêm tiếp 8 mL axit nitric nồng độ 1 M để rửa lại lần nữa.

(5). Sau khi nhựa được làm sạch, từ từ cho vào cột nhựa 8 mL axit nitric loãng có pH = 2 để tạo môi trường đồng nhất với dung dịch đã chuẩn bị ở bước (2) nhằm tạo điều kiện tối ưu cho việc hấp phụ urani.

(6). Cho dung dịch ở bước (2) qua cột nhựa, kiểm soát tốc độ chảy là 1 mL/phút. Thu lại dung dịch chảy qua trong cốc thủy tinh và đem đi cô cạn.

(7). Thực hiện điện phân dung dịch chảy qua tạo mẫu đo nhằm xác định hoạt độ của quá trình hấp phụ.

Quá trình rửa giải được thực hiện ngay tiếp theo, mục đích của quá trình này là thu lại lượng urani hấp phụ trên bề mặt nhựa sau khi dung dịch chuẩn chảy qua. Quy trình rửa giải được thực hiện tiếp tục ở các bước (8) và (9):

(8). Sau khi dung dịch đã chảy qua hết cột nhựa, cho tiếp vào cột nhựa 30 mL axit nitric nồng độ 2 M để thu lại lượng urani bị hấp phụ trên bề mặt nhựa.

(9). Dung dịch sau khi rửa giải được thu lại trong cốc thủy tinh và tiến hành các bước mạ điện tạo mẫu đo để xác định hiệu suất rửa giải.

Công thức hiệu suất rửa giải thể hiện tại (3) và sai số kèm theo (4):

$$H_{rg} = \frac{A_{rg}}{A_c - A_{cq}} \tag{3}$$

$$\sigma_{H_{rg}} = H_{rg} \cdot \sqrt{\left(\frac{\sigma_{A_{rg}}}{A_{rg}}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{A_c}}{A_c}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{A_{cq}}}{A_{cq}}\right)^2} \tag{4}$$

trong đó:  $H_{rg}$  là hiệu suất quá trình rửa giải (%)

$A_{rg}$  là hoạt độ riêng quá trình rửa giải (mBq/L)

$A_c$  là hoạt độ riêng mẫu chuẩn (mBq/L)

Kết quả thu được hiệu suất tổng của quá trình hấp phụ và rửa giải urani từ cột nhựa C100 có giá trị 87,7% (Nguyen, 2019) là cơ sở cho nghiên cứu này.

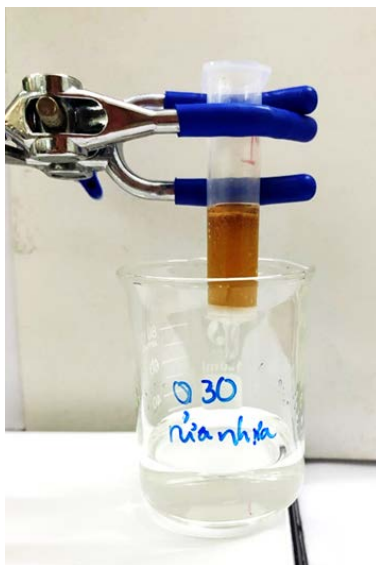
### 2.3. Quy trình lấy mẫu, tách chiết và đo hoạt độ riêng $^{234}\text{U}$ và $^{238}\text{U}$

Sau khi làm sạch giếng theo quy trình bơm lấy mẫu (bơm xả bỏ nước ban đầu để có nước mới trong TCN), nước từ TCN được lọc qua phin lọc 0,45 $\mu\text{m}$  và lấy vào các chai chứa mẫu thể tích 1,5L có nắp kín và axit hóa đến pH=2 sau khi đã đo các thông số như pH, nhiệt độ, độ dẫn điện. Ghi nhãn và đưa về phòng thí nghiệm.

(1). Cho 500 mL nước mẫu vào cốc thủy tinh, lắc đều và đem cô cạn trên bếp nung.

(2). Sau khi cô cạn hoàn toàn dung dịch trong cốc, cho thêm 5 mL axit nitric loãng có pH = 2 vào cốc, lắc đều để axit có thể hòa tan hết urani.

(3). Tiến hành các bước hấp phụ và rửa giải để xác định hoạt độ riêng  $^{238}\text{U}$  và  $^{234}\text{U}$  của mẫu đo như Hình 4.



**Hình 4.** Bố trí thí nghiệm tách chiết urani trong nước dưới đất

Hoạt độ urani trong mẫu đo được tính theo công thức (5) và sai số theo công thức (6):

$$A = \frac{S}{t \cdot \varepsilon \cdot H_{dp} \cdot H_{rg} \cdot V} \quad (5)$$

$$\sigma_A = A \cdot \sqrt{\left(\frac{\sigma_S}{S}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_\varepsilon}{\varepsilon}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{H_{dp}}}{H_{dp}}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{H_{rg}}}{H_{rg}}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_V}{V}\right)^2} \quad (6)$$

trong đó: A là hoạt độ riêng của mẫu đo (Bq/mL)

S là diện tích đỉnh phổ đo bằng hệ phổ kế alpha (số đếm)

t là thời gian đo mẫu (s)

$\varepsilon$  là hiệu suất ghi của detector (%)

$H_{dp}$  là hiệu suất của quá trình điện phân (%)

$H_{rg}$  là hiệu suất quá trình rửa giải urani từ cột nhựa C100 (%)

V là thể tích của dung dịch mẫu (mL).

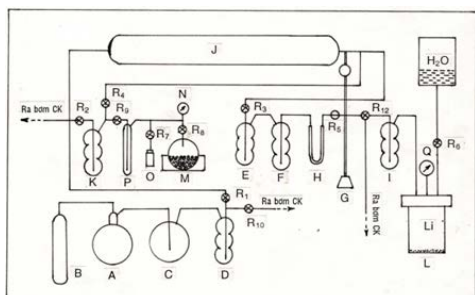
#### 2.4. Xác định hoạt độ $^{14}\text{C}$

Trong các nghiên cứu địa chất thủy văn, hoạt độ carbon-14 ( $^{14}\text{C}$ ) vô cơ hòa tan (TDIC) trong các mẫu nước tự nhiên được sử dụng để định tuổi NĐĐ.

Để phân tích hoạt độ  $^{14}\text{C}$  bằng kỹ thuật đo nhấp nháy lỏng, cần phải chuyển mẫu dạng kết tủa  $\text{BaCO}_3$  trước đó về dạng hóa học thích hợp là benzene để làm giàu phần đồng vị này (Rozanski & Gröning, 2002). Quá trình tổng hợp benzene được thực hiện trong môi trường chân không cao nhằm tránh sự xâm nhập của carbon hiện đại như sơ đồ Hình 5. Các bước tổng hợp benzene gồm:

- Tạo  $\text{CO}_2$  từ kết tủa  $\text{BaCO}_3$ ;
- Tạo lithium carbide ( $\text{Li}_2\text{C}_2$ ) từ  $\text{CO}_2$  trong mẫu và lithium kim loại;

- Thủy phân lithium carbide thành acetylene;
- Tổng hợp benzene từ acetylene dùng xúc tác.



Hình 5. Sơ đồ hệ tổng hợp benzene

Benzene tổng hợp thu được sau đó được pha với chất nháp nhảy và thêm benzene “chết” (benzen không chứa  $^{14}\text{C}$ ) tới thể tích tối ưu và đo hoạt độ trên phổ kế nháp nhảy lỏng TriCarb 3710TR/SL ở Hình 6. Mỗi lượt đo mẫu trên phổ kế nháp nhảy lỏng thông thường bao gồm: các mẫu đo, một mẫu chuẩn và một mẫu nền. Tất cả phải được chuẩn bị và đo trong điều kiện giống nhau. Hoạt độ  $^{14}\text{C}$  trong mẫu được biểu diễn bằng phần trăm carbon hiện đại (PMC), là tỉ lệ nồng độ hoạt độ  $^{14}\text{C}$  trong mẫu phân tích (tính bằng Bq trên gam carbon – Bq/gC) so với hoạt độ của chất chuẩn Oxalic Axit (chuẩn NBS, Mĩ) theo công thức (7) (Rozanski & Gröning, 2002):

$$PMC = \left( \frac{N_{SA}}{F \cdot N_{STN}} \right) \times 100 \quad (7)$$

trong đó:  $N_{SA}$  là số đếm thực của mẫu sau khi hiệu chỉnh theo lượng mẫu thực tế;

$N_{STN}$  là số đếm thực của mẫu chuẩn;

F là hệ số đặc trưng cho loại chất chuẩn sơ cấp sử dụng ( $F = 0,950$  đối với Oxalic Acid I). Chất chuẩn carbon hiện đại sơ cấp (100% hiện đại) được định nghĩa là 95% hoạt độ  $^{14}\text{C}$  của chất chuẩn NBS Oxalic Acid I được đo vào năm 1950 với  $\delta^{13}\text{C} = -19 \text{‰}$ .



Hình 6. Phổ kế nháp nhảy lỏng TriCarb 3710TR/SL

Số đếm thực của mẫu đo, mẫu chuẩn là hiệu số của giá trị trung bình số đếm của mẫu đo, mẫu chuẩn với giá trị trung bình số đếm của mẫu nền. Sai số cuối cùng trong phép đo hoạt độ  $^{14}\text{C}$  được tính toán theo định luật lan truyền sai số. Công thức tính sai số được thể hiện ở công thức (8):

$$u(PMC) = PMC \cdot \sqrt{\left( \frac{u(N_{SA})}{N_{SA}} \right)^2 + \left( \frac{u(N_{STN})}{N_{STN}} \right)^2 + \left( \frac{u(F)}{F} \right)^2} \quad (8)$$



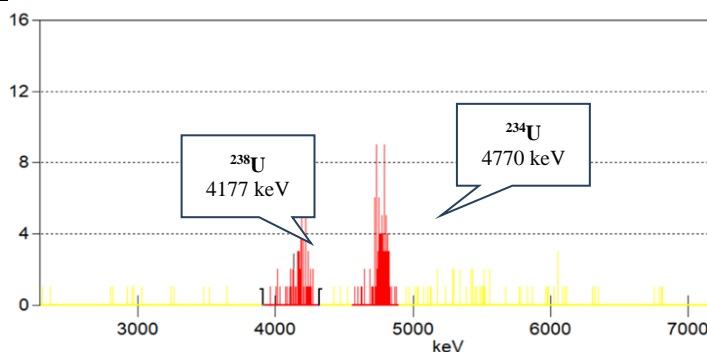
**3. Kết quả và thảo luận**

**3.1. Hoạt độ các đồng vị urani trong nước dưới đất**

Kết quả đo hoạt độ riêng các đồng vị  $^{234}\text{U}$ ;  $^{238}\text{U}$  và hoạt độ  $^{14}\text{C}$  với sai số được tính là  $1\sigma$ , cũng như tỉ lệ giữa hai đồng vị  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  của 06 mẫu NĐĐ tại Tiền Giang được liệt kê trong Bảng 1. Phổ alpha ghi nhận ở Hình 7 thể hiện hai đỉnh năng lượng 4177 keV và 4770 keV phát ra lần lượt từ hai đồng vị  $^{238}\text{U}$  và  $^{234}\text{U}$  với thời gian đo 86400 giây, vùng màu đỏ là tổng số đếm trong vùng quan tâm tương ứng (ROI).

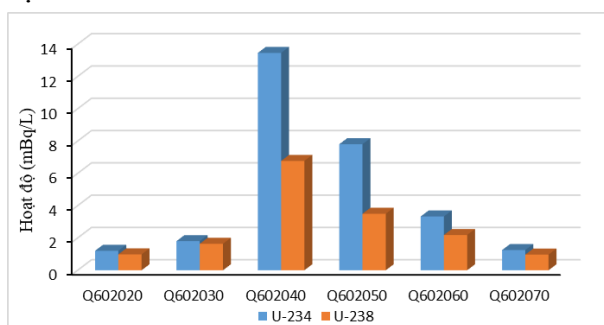
**Bảng 1.** Kết quả đo hoạt độ  $^{14}\text{C}$ ,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{234}\text{U}$  và tỉ lệ hoạt độ  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  của các mẫu NĐĐ

T	Giếng quan trắc	TCN	Độ sâu (m)	$^{14}\text{C}$ (PMC)	$u^{14}\text{C}$ (PMC)	$^{238}\text{U}$ (mBq/L)	$u^{238}\text{U}$ (mBq/L)	$^{234}\text{U}$ (mBq/L)	$u^{234}\text{U}$ (mBq/L)	$\frac{^{234}\text{U}}{^{238}\text{U}}$
1	Q602020	qp <sub>3</sub>	75	18,4	1,2	0,984	0,237	1,208	0,264	1,2
2	Q602030	qp <sub>2-3</sub>	130	15,6	2,6	1,640	0,530	1,804	0,557	1,1
3	Q602040	qp <sub>1</sub>	188	8,66	0,94	6,771	0,818	13,461	1,222	2,0
4	Q602050	n <sub>2</sub> <sup>2</sup>	220	10,8	1,0	3,499	0,567	7,807	0,882	2,2
5	Q602060	n <sub>2</sub> <sup>1</sup>	344	8,95	0,69	2,185	0,362	3,331	0,457	1,5
6	Q602070	n <sub>1</sub> <sup>3</sup>	444	3,31	0,81	0,970	0,236	1,250	0,269	1,3



**Hình 7.** Diện tích đỉnh alpha phát ra từ đồng vị  $^{238}\text{U}$  và  $^{234}\text{U}$  của mẫu Q602040

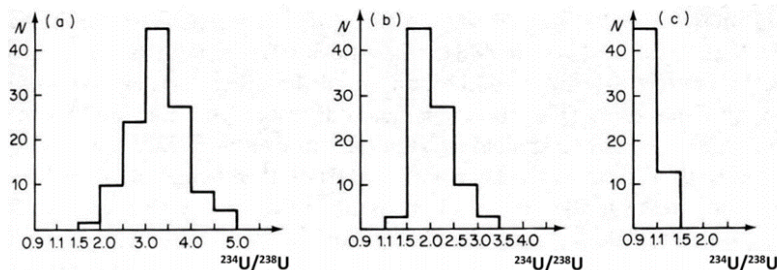
Theo đó, các mẫu nước trạm quan trắc quốc gia Q602 có hoạt độ riêng  $^{238}\text{U}$  từ  $0,970\pm 0,236$  mBq/L đến  $6,771\pm 0,818$  mBq/L và hoạt độ riêng của  $^{234}\text{U}$  thay đổi từ  $1,250\pm 0,269$  mBq/L đến  $13,461\pm 1,222$  mBq/L, trong đó mẫu Q602040 (tầng qp<sub>1</sub>) có giá trị hoạt độ riêng của  $^{234}\text{U}$  và  $^{238}\text{U}$  cao nhất. Giá trị hoạt độ các đồng vị urani trong các mẫu nghiên cứu được thể hiện ở Hình 8.



**Hình 8.** Hoạt độ urani trong nước dưới đất

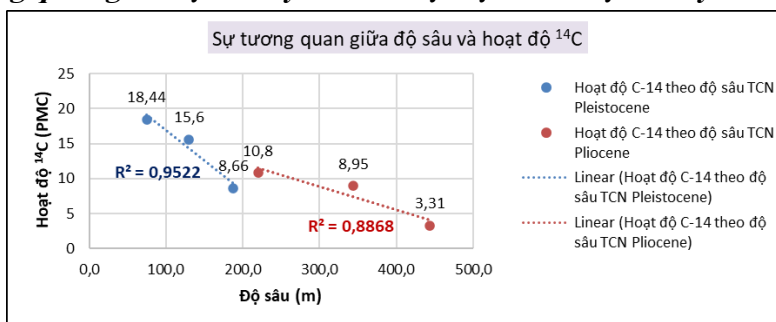
Tỉ số hoạt độ  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  có giá trị từ  $1,1 \div 2,2$ , kết quả ghi nhận được nằm trong khoảng cho phép từ  $0,5 \div 30$  đối với NĐĐ và phù hợp với kết quả nghiên cứu trước đây của nhóm

(Ferronsky & Polyakov, 1982) cho đặc điểm cấu trúc địa chất trầm tích này. Kết quả nghiên cứu của nhóm Ferronsky và Polyakov chỉ ra rằng, tỉ số  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  sẽ dao động từ 1,1 ÷ 3,5 và chiếm đa số tại 1,5 ÷ 2 đối với NĐĐ trong đá trầm tích được trình bày ở Hình 9.



**Hình 9.** Sự phân bố tỉ số  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  của nước dưới đất trong đá magma (a); đá trầm tích và đá biến chất (b) và quặng urani (c) [igneous rocks (a), sedimentary and metamorphic rocks (b) and uranium ores (c)] (Ferronsky & Polyakov, 1982).

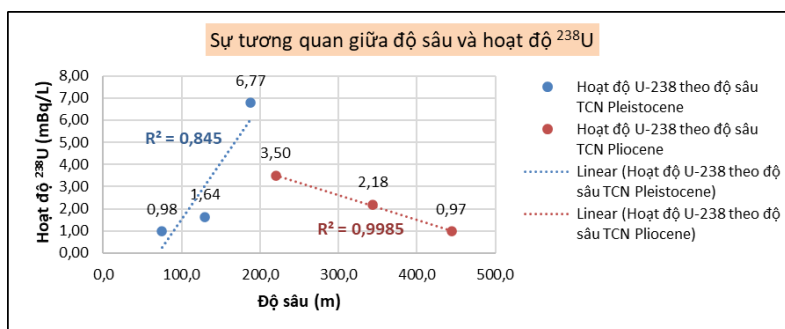
**3.2. Mối tương quan giữa độ sâu lấy mẫu – hoạt độ  $^{14}\text{C}$  và độ sâu lấy mẫu – hoạt độ urani**



**Hình 10.** Sự tương quan giữa độ sâu và hoạt độ  $^{14}\text{C}$

Hình 10 thể hiện mối tương quan giữa độ sâu lấy mẫu và hoạt độ  $^{14}\text{C}$  là nghịch biến. Độ sâu càng tăng tại vị trí lấy mẫu, hoạt độ  $^{14}\text{C}$  càng giảm, hay tuổi NĐĐ sẽ càng lớn. Điều này phù hợp với quy luật phân rã  $^{14}\text{C}$  cũng như quy luật phân bố tuổi của nước, nghĩa là, theo chiều từ trên xuống của các TCN là chiều tăng dần của cấu trúc địa chất, TCN phía dưới được hình thành sớm hơn TCN trên nó, do đó tại cùng một vị trí lấy mẫu Q602, TCN sâu hơn sẽ “già” hơn TCN nông hơn.

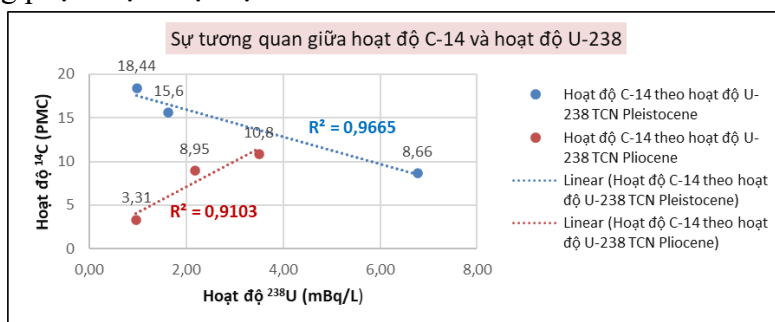
Khi xét mối tương quan giữa độ sâu lấy mẫu và hoạt độ  $^{238}\text{U}$  ở Hình 11 cho thấy hai xu hướng rõ rệt cho hai phức hệ TCN Pleistocene (qp) và Pliocene + Miocene trên (n). Theo đó, độ sâu càng tăng hay tuổi của nước càng lớn, hoạt độ urani trong các tầng chứa Pliocene (màu đỏ) càng giảm, tương tự như với đồng vị  $^{14}\text{C}$ . Khả năng tuổi của nước trong các tầng chứa Pliocene + Miocene trên cũng tuân theo quy luật phân rã urani. Ngược lại, với hoạt độ urani trong các TCN Pleistocene (màu xanh), khi càng tăng độ sâu, lượng urani lại càng tăng, trái với quy luật phân rã  $^{14}\text{C}$  và cũng có thể tuổi của nước trong các tầng Pleistocene không tuân theo quy luật phân rã urani. Khả năng cao các TCN này được cung cấp thêm phần urani “mới” xuất phát từ các nguồn bổ cấp hoặc nhận được từ sự hòa tan đất đá trong trầm tích.



Hình 11. Sự tương quan giữa độ sâu và hoạt độ <sup>238</sup>U

**3.3. Môi tương quan giữa hoạt độ <sup>14</sup>C và hoạt độ urani**

Xét mối tương quan giữa hoạt độ <sup>14</sup>C và hoạt độ urani ở Hình 12, theo đó, tầng Pliocene thể hiện mối quan hệ đồng biến khi hoạt độ <sup>14</sup>C càng tăng, hoạt độ urani cũng tăng theo. Qua đó, càng tăng độ tin cậy cho đánh giá trước đó về mối quan hệ giữa hoạt độ urani và tuổi của NĐĐ cho các TCN Pliocene + Miocene trên. Ngược lại, mối quan hệ nghịch biến giữa hoạt độ <sup>14</sup>C và hoạt độ urani cho các TCN Pleistocene càng khẳng định khả năng tuổi của các TCN này không phụ thuộc hoạt độ urani.



Hình 12. Sự tương quan giữa hoạt độ <sup>14</sup>C và hoạt độ <sup>238</sup>U

**4. Kết luận và kiến nghị**

Với phương pháp tách chiết urani sử dụng nhựa trao đổi cation C100 và đo đạc trên phổ kế alpha, kết quả cho thấy trong các mẫu nước nghiên cứu, hoạt độ riêng <sup>238</sup>U dao động từ  $0,970 \pm 0,236$  mBq/L đến  $6,771 \pm 0,818$  mBq/L và hoạt độ riêng <sup>234</sup>U từ  $1,250 \pm 0,269$  mBq/L đến  $13,461 \pm 1,222$  mBq/L. Đáng chú ý, với kết quả ghi nhận được, mẫu Q602040 có chứa hoạt độ urani cao nhất trong các mẫu nghiên cứu, có khả năng urani được hòa tan nhiều nhất trong TCN qp<sub>1</sub> vùng ĐBNB.

Mối tương quan giữa độ sâu và hoạt độ <sup>14</sup>C tuân thủ theo quy tắc phân rã <sup>14</sup>C và quy luật phân bố tuổi khi độ sâu càng tăng, hoạt độ <sup>14</sup>C càng giảm, tuổi <sup>14</sup>C càng tăng. Tuy nhiên, hoạt độ <sup>238</sup>U lại chia thành hai xu hướng cho các TCN: với các TCN Pliocene + Miocene trên (n), hoạt độ urani càng giảm theo độ sâu tương tự như hoạt độ <sup>14</sup>C; và ngược lại, theo chiều tăng độ sâu, hoạt độ urani càng tăng cho các TCN Pleistocene (qp). Cuối cùng, khi xét mối tương quan giữa hoạt độ <sup>14</sup>C và hoạt độ <sup>238</sup>U cho thấy sự tương quan đồng biến ở các TCN Pliocene + Miocene trên và nghịch biến cho các TCN Pleistocene. Có khả năng tuổi

của nước ở các TCN Pliocene + Miocene trên cũng tuân theo quy luật phân rã urani, còn với các TCN Pleistocene đã được cung cấp lượng urani “mới” từ các nguồn bổ cấp. Đặc biệt, cho thấy sự ổn định hoạt độ urani trong các TCN Pliocene + Miocene trên, điều này bước đầu đánh giá có khả năng ứng dụng urani trong nghiên cứu tuổi của NDĐ trong các TCN này như là công cụ để xác định tuổi của nước trong tầng chứa.

- ❖ **Tuyên bố về quyền lợi:** Các tác giả xác nhận hoàn toàn không có xung đột về quyền lợi.
- ❖ **Lời cảm ơn:** Nghiên cứu này được tài trợ kinh phí bởi Viện Năng lượng Nguyên tử Việt Nam, Bộ Khoa học và Công Nghệ thông qua đề tài cơ sở mã số CS/23/02-02. Cảm ơn Trung tâm Hạt nhân Thành phố Hồ Chí Minh đã tạo điều kiện, hỗ trợ quá trình triển khai thực hiện đề tài; cảm ơn Quý Thầy Cô tại Bộ môn Vật lí Hạt nhân – Kỹ thuật hạt nhân – Vật lí Y khoa Trường Đại học Khoa học Tự nhiên – Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh đã tạo điều kiện trong quá trình đo mẫu trên thiết bị hệ phổ kế Alpha.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Abdel, A. M. (2014). *Purification of uranium concentrate from Abo-Rushied ore material with emphasize upon ion exchange technique, Southeastern Desert, Egypt*. [Doctoral thesis in Chemistry]. Ain Shams University.
- Abd El-Ghany, M. S., Mahdy, M. A., Abd ElMonem, N. M., & El-Hazek, N.T. (1994). Pilot plant studies on the treatment of El Atshan uranium ores, Eastern Desert, Egypt. *International Nuclear Information System*, 28, 229.
- Barnes, C. D., Da Silva Neves, R. A., & Streat, M. (1974). Anion exchange of uranium from aqueous sulphuric acid solutions: diffusion kinetics. *Journal of Applied Chemistry and Biotechnology*, 24, 787-801. <https://doi.org/10.1002/jctb.5020241210>
- Bhattacharyya, A., Mohapatra, P. K., Pathak, P. N., & Manchanda, V. K. (2006). Cation-exchange separation of uranium from thorium in nitric acid medium. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 268, 323-328. <https://doi.org/10.1007/s10967-006-0168-8>
- Ferronsky & Polyakov (1982). *Environmental Isotopes in the hydrosphere*. John Wiley and Sons. <https://doi.org/10.1002/gj.3350180411>
- International Atomic Energy Agency IAEA (2013). *Isotope methods for dating old groundwater*. IAEA in Austria.
- Khawassek, Y. M., Masoud, A. M., Taha, M. H., & Husein, A. E. M. (2017). Kinetics and thermodynamics of uranium ion adsorption from waste solution using Amberjet 1200 H as cation exchanger. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 315, 493-502. <https://doi.org/10.1007/s10967-017-5692-1>
- Kiliari, T., & Pashalidis, I. (2010). Simplified alpha-spectroscopic analysis of uranium water after its separation by cation-exchange. *Radiation Measurement*, 45, 966-968. <https://doi.org/10.1016/j.radmeas.2010.06.024>
- Louvat, D., & Ho, H. D. (December 2001). Environmental Isotope Study of MeKong Delta Groundwater (Vietnam). *IAEA TC Project VIE/8/003*, IAEA – RU – 2813.
- Ngo, M. H. (2018). Nghiên cứu xác định hoạt độ urani trong một số mẫu nước giếng thuộc khu vực Thủ Đức Thành phố Hồ Chí Minh [Research on the determination of uranium activity in several well water samples in the Thủ Đức area, Hồ Chí Minh City]. [Masteral thesis in Atomic and Nuclear Physics, Hồ Chí Minh City University of Education], Vietnam.

- Nguyen, P. T. M. (2019). *Nghien cuu lam giam uranium trong mot so mau nuoc gieng tai khu vuc Thu Duc, Thanh pho Ho Chi Minh - Research on reducing uranium in some well water samples in Thu Duc area, Ho Chi Minh City*. [Masteral thesis in Atomic, Nuclear and High Energy Physics, University of Science - VNU Ho Chi Minh City], Vietnam.
- Nguyen, V. P., Nguyen, T. B. H., & Do, Q. T. (2016). *Nghien cuu dieu kien tach va thu hoi urani trong nuoc thai cua qua trinh thuy luyen dat hiem Viet Nam bang phuong phap trao doi anion [Research on conditions for separation and recovery of uranium in wastewater from the hydrometallurgical process of rare earth ores in Vietnam using anion exchange method]*. *VNU Journal of Science: Natural Sciences and Technology*, 32(4), 161-166.
- Oh, J. S., Warwick, P. E., Croudace, I. W., & Lee S. H. (2014). Evaluation of three electrodeposition procedures for uranium, plutonium, and americium. *Applied Radiation and Isotopes*, 87, 233-237. <https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2013.11.048>
- Rozanski, K., & Gröning, M. (2002). Carbon-14 assay in water samples using benzene synthesis and liquid scintillation spectrometry. *IAEA-Tecdoc 1401*, 219-228.
- TCVN 12028:2018 – ISO 13166:2014 (2018). *Chat luong nuoc – Dong vi urani – Phuong phap thu su dung quang pho anpha [Water quality – Uranium isotopes – Test method using alpha-spectrometry]*.
- Vu, V. N., Tran, H. P., Dang, H. O., Bui, T. D., Bui, T. V., & Doan, N. T. (1998). *Nuoc duoi dat dong bang Nam Bo [Groundwater in the Southern Delta]*. General Department of Geology and Minerals of Viet Nam.

---

**A STUDY ON THE CORRELATION BETWEEN  $^{14}\text{C}$  ACTIVITY AND URANIUM ACTIVITY IN THE GROUNDWATER IN NAMBO PLAIN**

*Nguyen Pham Tuong Minh\**, *Tran Thi Bich Lien*,  
*Lam Hoang Quoc Viet*, *Nguyen Van Phuc*, *Dao Van Hoang*  
*Center for Nuclear Technologies, Ho Chi Minh City, Vietnam*

\*Tác giả liên hệ: *Nguyen Pham Tuong Minh* – Email: *nptuongminh1002@gmail.com*  
Ngày nhận bài: 31-10-2023; ngày nhận bài sửa: 21-02-2024; ngày duyệt đăng: 23-02-2024

**ABSTRACT**

*This study was conducted to investigate  $^{14}\text{C}$  activity and uranium isotope activities in six groundwater samples taken from six aquifers at Q602 station in Tien Giang, to evaluate the correlation between  $^{14}\text{C}$  activity and uranium activity in groundwater samples, thereby evaluating the applicability of  $^{238}\text{U}$  and  $^{234}\text{U}$  isotopes in determining the age of groundwater in Nambo Plain. Dissolved uranium in samples was extracted by ion exchange method, using C100 cation resin, and then measured  $^{238}\text{U}$  and  $^{234}\text{U}$  isotopic activities by alpha spectrometer system. The  $^{14}\text{C}$  radioactive isotope in samples was analyzed by a low-background liquid scintillation spectrometer after converting dissolved inorganic carbon in the samples to benzene. The results show that: 1) the  $^{238}\text{U}$  activity was from 0,970-6,771 mBq/L, and the  $^{234}\text{U}$  activity was from 1,250-13,461 mBq/L, in which  $qp_1$  aquifer has the highest value. 2) In samples from Pleistocene aquifers, the correlation between  $^{14}\text{C}$  activity and depth, between  $^{14}\text{C}$  activity and the  $^{238}\text{U}$  or  $^{234}\text{U}$  activity are all negative. 3) In samples from Pliocene aquifers, the correlation between  $^{14}\text{C}$  activity and depth is also negative, while the correlation between  $^{14}\text{C}$  activity and the  $^{238}\text{U}$  or  $^{234}\text{U}$  activity are both positive.*

**Keywords:**  $^{14}\text{C}$ ; Nambo Plain;. Groundwater; radiochemical; uranium