

# SỬ DỤNG CHỈ THỊ PHÓNG XẠ RADII TỰ NHIÊN ĐỂ XÁC ĐỊNH HỆ SỐ KHUẾCH TÁN VÀ THỜI GIAN LƯU CỦA NƯỚC BIỂN VEN BỜ TẠI VỊ TRÍ DỰ KIẾN XÂY DỰNG NHÀ MÁY ĐIỆN HẠT NHÂN NINH THUẬN I

NGUYỄN VĂN PHÚC\*, PHAN SƠN HẢI, NGUYỄN THỊ HƯƠNG LAN, VÕ THỊ MỘNG THẨM, PHAN QUANG TRUNG, NGUYỄN MINH ĐẠO, LÊ XUÂN THẮNG

*Viện Nghiên cứu hạt nhân  
01 Nguyễn Tử Lực, Đà Lạt, Lâm Đồng  
\*plnn08@yahoo.com*

## Tóm tắt

Nguyên tố radium (Ra) có tính tan tốt trong nước biển và vận chuyển trong pha nước. Các đồng vị sống ngắn của Ra ( $^{223}\text{Ra}$  và  $^{224}\text{Ra}$  có chu kỳ bán rã là 11,4 ngày và 3,66 ngày, tương ứng) thường có hàm lượng lớn ở vùng ven bờ. Theo hướng ra khơi, hàm lượng các đồng vị Ra giảm dần do bản chất của quá trình khuếch tán và phân rã phóng xạ. Khi xác định được phân bố hàm lượng của chúng theo khoảng cách từ bờ, có thể đánh giá được hệ số khuếch tán, thời gian lưu của nước biển ven bờ tại vùng khảo sát.

Sử dụng kết quả nghiên cứu phân bố của các đồng vị Ra trong nước biển và mô hình đánh giá hệ số khuếch tán và thời gian lưu của nước biển ven bờ, nhóm nghiên cứu đã xác định được hệ số khuếch tán và thời gian lưu của nước biển tại vùng biển dự kiến xây dựng nhà máy điện hạt nhân Ninh Thuận I. Vào mùa khô, hệ số khuếch tán là 222 – 287 ( $\text{m}^2/\text{s}$ ) và thời gian lưu của nước biển trong vùng 30 km từ bờ là 19 – 23 ngày; Vào mùa mưa, hệ số khuếch tán là 233 – 361 ( $\text{m}^2/\text{s}$ ) và thời gian lưu của nước trong vùng này là 14 - 22 ngày.

Kết quả của nghiên cứu đã mở ra khả năng ứng dụng phương pháp đồng vị Ra để đánh giá hệ số khuếch tán và thời gian lưu của chất thải xâm nhập vào môi trường biển tại vùng nghiên cứu. Điều này rất có ý nghĩa thực tiễn cho việc đánh giá tác động môi trường cho các cơ sở công nghiệp dọc theo bờ biển nước ta.

**Từ khóa:** Hệ số khuếch tán, thời gian lưu, nước biển ven bờ

## I. MỞ ĐẦU

Vùng biển ven bờ thường xuyên tiếp nhận nhiều dạng vật chất khác nhau từ đất liền đưa ra theo các dòng sông, các dòng nước ngầm và từ các nhà máy công nghiệp nằm trên dải đất liền ven biển. Sau khi xâm nhập vào vùng nước biển ven bờ, vật chất sẽ khuếch tán và pha loãng dần với nước đại dương. Sự trao đổi vật chất giữa lục địa và đại dương đóng một vai trò chính trong chu trình sinh hóa toàn cầu. Định lượng dòng vật chất vận chuyển vào đại dương là khó khăn vì các quá trình trao đổi diễn ra tại vùng này rất phức tạp. Các chất chỉ thị hoá học được cho là có triển vọng áp dụng nhưng có quá ít kỹ thuật được phát triển để nghiên cứu cho những vùng phức tạp này. Để định lượng dòng các thành phần hòa tan trên thềm lục địa, các phương pháp mới dựa vào bốn đồng vị của Ra đã được sử dụng (Moore, 2000a). Các đồng vị Ra đã được áp dụng để nghiên cứu thời gian lưu của nước ven biển, các yếu tố pha trộn của nước ven biển với đại dương (Bourquin et al., 2008; Beek et al., 2008; Moore et al., 2008; Rapaglia et al., 2010; Souza et al., 2010; Hequan Gu et al., 2012). Hiểu biết về tốc độ trao đổi giữa nước biển ven bờ và nước đại dương, thời gian lưu của nước biển ven bờ thực sự có ý nghĩa đối với nhiều lĩnh vực nghiên cứu liên quan đến môi trường biển.

Đối với các cơ sở công nghiệp có nguồn thải lỏng trực tiếp vào môi trường biển, thì các thông tin về thời gian lưu, hệ số khuếch tán của nước biển ven bờ tại nơi tiếp nhận nguồn thải cần phải được biết để tính toán lưu lượng thải tối đa cho phép. Hiện nay, ven biển nước ta đã và

đang có nhiều khu công nghiệp được xây dựng. Việc đánh giá các hệ số khuếch tán và thời gian lưu của nước biển ven bờ là cần thiết làm cơ sở để đánh giá tác động môi trường của các cơ sở công nghiệp đến môi trường biển.

Mục tiêu của nghiên cứu này là xác định hệ số khuếch tán và thời gian lưu của nước biển ven bờ tại vị trí dự kiến xây dựng nhà máy điện hạt nhân Ninh Thuận I bằng phương pháp đo phân bố hoạt độ của các đồng vị Ra theo khoảng cách từ bờ.

## II. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Thu gộp mẫu để đánh giá hệ số khuếch tán và thời gian lưu của nước biển ven bờ

Vùng biển được lựa chọn để nghiên cứu là vùng biển thuộc xã Phước Dinh, tỉnh Ninh Thuận (Ninh Thuận I), nơi sẽ tiếp nhận các dạng thải khác nhau từ nhà máy theo thiết kế dự kiến xây dựng nhà máy điện hạt nhân Ninh Thuận I, khi nó đi vào hoạt động. Vùng biển được lựa chọn nghiên cứu có diện tích khoảng 750 km<sup>2</sup>.

Các mẫu nước biển được thu gộp trên năm đường ngang vuông góc với đường bờ hướng ra ngoài khơi. Mỗi đường ngang dài khoảng 30 km. Các đường ngang cách nhau khoảng 5 km và mỗi mẫu cách nhau trong khoảng 1,5 km ÷ 6,0 km trên mỗi đường ngang (Hình 2.1). Độ sâu đáy biển theo 5 đường ngang hướng từ bờ ra ngoài khơi được đo bằng kỹ thuật phản xạ sóng siêu âm. 105 mẫu nước biển đã được thu gộp vào tháng 5/2017, tháng 9/2017 và tháng 5/2018. Các mẫu được bơm từ 2-3 m dưới bề mặt. Nhiệt độ, pH và độ mặn của nước biển đã được đo. Bơm 300 L nước biển qua một ống (cartridge) chứa 35 g sợi mangan với lưu lượng khoảng 2 ÷ 3 L/phút để thu Ra trong nước. Sau đó dội 10 L nước cất với lưu lượng 2 ÷ 3 L/phút qua cartridge để rửa muối bám trên bề mặt sợi. Sau khi rửa muối, cartridge được thổi khô đến hàm lượng ẩm nằm trong khoảng 50 ÷ 80% khối lượng khô của sợi mangan; khóa kín van 2 đầu cartridge để nhốt Rn. <sup>223</sup>Ra và <sup>224</sup>Ra được đo bằng RaDeCC. <sup>226</sup>Ra và <sup>228</sup>Ra được phân tích bằng hệ phổ kế gamma.



Hình 2.1. Các vị trí thu gộp mẫu trên năm đường ngang.

### 2.2. Xác định các đồng vị Ra tự nhiên (<sup>223</sup>Ra, <sup>224</sup>Ra, <sup>226</sup>Ra, <sup>228</sup>Ra) trong mẫu nước biển

Các đồng vị <sup>223</sup>Ra, <sup>224</sup>Ra, <sup>226</sup>Ra, <sup>228</sup>Ra trong nước biển được hấp phụ trên sợi mangan. <sup>223</sup>Ra, <sup>224</sup>Ra được đo bằng hệ đo alpha trùng phùng trẻ. Phương pháp phân tích các đồng vị <sup>223</sup>Ra và <sup>224</sup>Ra hấp phụ trên sợi mangan bằng hệ đo alpha trùng phùng trẻ có giới hạn đo được xác định, tương ứng, là 0,002 Bq và 0,01 Bq và độ không đảm bảo đo < 10% ở mức tin cậy 95%.

$^{226}\text{Ra}$ ,  $^{228}\text{Ra}$  được đo bằng hệ phổ kế gamma phòng thấp. Phương pháp phân tích các đồng vị  $^{226}\text{Ra}$  và  $^{228}\text{Ra}$  hấp phụ trên sợi mangan bằng hệ phổ kế gamma phòng thấp có giới hạn đo, tương ứng, là 0,05 Bq và 0,1 Bq và độ không đảm bảo đo < 15% ở mức tin cậy 95%.

### 2.3. Xác định hệ số khuếch tán và thời gian lưu của nước biển ven bờ sử dụng các đồng vị Ra tự nhiên

#### 2.3.1. Xác định hệ số khuếch tán

Moore (2000 a) đã sử dụng phân bố của các đồng vị Ra sống ngắn để đánh giá tốc độ trao đổi nước trong vùng biển ven bờ. Sự thay đổi về nồng độ hoặc hoạt độ ( $A$ ) với thời gian ( $t$ ) theo hàm của khoảng cách từ bờ ( $x$ ) của một chỉ thị phóng xạ với hằng số phân rã ( $\lambda$ ) được biểu diễn bằng cân bằng với khuếch tán, với vận chuyển ngang của khối chất lỏng và phân rã phóng xạ:

$$\frac{dA}{dt} = K_h \frac{\partial^2 A}{\partial x^2} - \omega \frac{\partial A}{\partial x} - \lambda A \quad (1)$$

Trong đó:  $A$  là hoạt độ phóng xạ của đồng vị Ra (dpm/L);  $x$  là khoảng cách từ bờ (m);  $\lambda$  là hằng số phân rã phóng xạ của đồng vị Ra (1/s);  $K_h$  là hệ số khuếch tán ( $\text{m}^2/\text{s}$ );  $\omega$  là vận tốc lan truyền theo phương ngang (m/s);

Nếu bỏ qua quá trình lan truyền theo phương ngang (tức là  $\omega = 0$ ). Khi đó, phương trình (1) được giản lược như sau:

$$\frac{dA}{dt} = K_h \frac{\partial^2 A}{\partial x^2} - \lambda A \quad (2)$$

Tiêu chí để thiết lập  $\omega = 0$  là dựa vào sự phân bố xa bờ của các đồng vị như  $^{226}\text{Ra}$  ( $T_{1/2} = 1.600$  năm) và  $^{228}\text{Ra}$  ( $T_{1/2} = 5,7$  năm). Những đồng vị sống dài này phân rã rất ít trong khoảng thời gian lưu của nước biển ven bờ. Độ ổn định về hoạt độ xa bờ của các đồng vị này cung cấp bằng chứng cho thấy quá trình khuếch tán xa bờ chiếm ưu thế hay quá trình lan truyền theo phương ngang gần bờ chiếm ưu thế. (Moore, 2000 a,b).

Trong trường hợp  $\omega = 0$ , điều kiện biên của phương trình (2) như sau:

$A = A_0$  tại  $x = 0$ ;  $A \rightarrow 0$  khi  $x \rightarrow \infty$ ;

Nếu  $K_h$  là hằng số và hệ thống đạt trạng thái ổn định thì nghiệm của phương trình (2) sẽ là:

$$A_x = A_0 \exp \left[ -x * \sqrt{\frac{\lambda}{K_h}} \right] \quad (3)$$

Trong đó:

$A_x$  là hoạt độ tại khoảng cách  $x$  từ bờ,  $A_0$  là hoạt độ tại vị trí  $x = 0$ ,  $\lambda$  là hằng số phân rã.

Biểu thức (3) là cơ sở để xác định hệ số khuếch tán  $K_h$  khi quá trình khuếch tán chiếm ưu thế và nếu hệ thống đạt trạng thái ổn định. Từ (3) ta có mối tương quan giữa  $\ln A_x$  và khoảng cách từ bờ ( $x$ ) như sau:

$$\ln A_x = \ln A_0 - x * \sqrt{\frac{\lambda}{K_h}} \quad (4)$$

Trong trường hợp này, hệ số góc của mối tương quan giữa  $\ln A_x$  và  $x$  là  $m = \sqrt{\frac{\lambda}{K_h}}$

Mô hình này yêu cầu:

- (i) hệ ở trạng thái tĩnh trong khoảng thời gian tồn tại của các đồng vị sống ngắn,
- (ii) không có nguồn bổ cấp nào khác ngoài nguồn các đồng vị này từ khu vực gần bờ.

#### 2.3.2. Xác định thời gian lưu

Phương trình đánh giá sự khuếch tán của nước biển từ bờ ra đại dương qua chỉ thị  $^{223}\text{Ra}$

hoặc  $^{224}\text{Ra}$  được Philip J. W. Roberts và Donald R. Webster (2001); Chris Garrett (2006) mô tả như sau:

$$x = \sqrt{2K_h t} \quad (5)$$

Trong đó:

$x$  là khoảng cách từ bờ (m);  $K_h$  là hệ số khuếch tán ( $\text{m}^2/\text{s}$ );  $t$  là thời gian lưu của nước biển (ngày)

Một cách khác để xác định thời gian lưu và sự pha trộn của nước ven bờ là sử dụng tỉ số hoạt độ  $^{224}\text{Ra}/^{223}\text{Ra}$  (Moore, 2000 b). Phương pháp này dựa trên giả thiết tỉ số hoạt độ  $^{224}\text{Ra}/^{223}\text{Ra}$  ban đầu có giá trị không đổi ở gần bờ và chỉ thay đổi do phân rã khi nước ven bờ đã cách ly khỏi nguồn cấp Ra. Tỉ số hoạt độ ( $^{224}\text{Ra}/^{223}\text{Ra}$ ) suy giảm với chu kỳ bán rã biểu kiến 5,4 ngày, được biểu diễn bằng mô hình như sau:

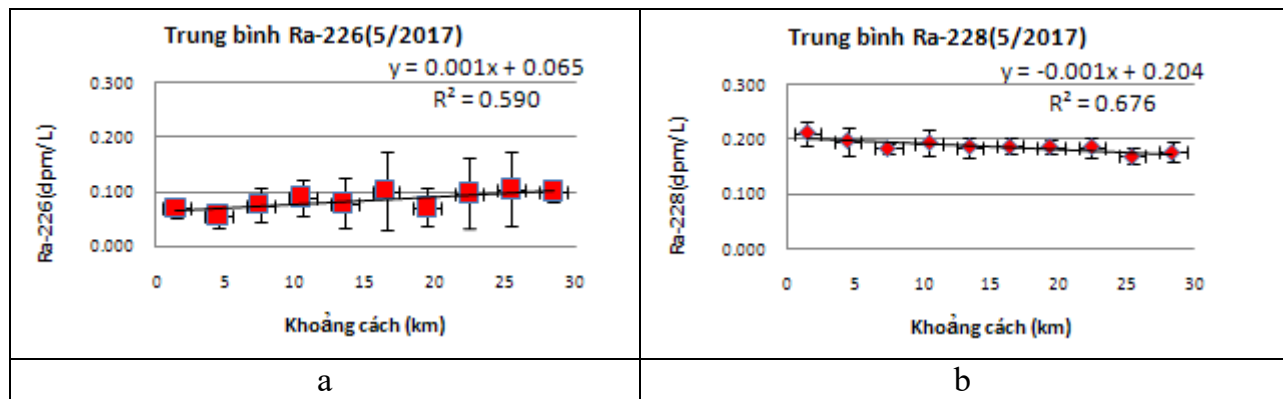
$$\left( \frac{^{224}\text{Ra}}{^{223}\text{Ra}} \right)_{obs} = \left( \frac{^{224}\text{Ra}}{^{223}\text{Ra}} \right)_i \frac{e^{-\lambda_{224}t}}{e^{-\lambda_{223}t}} \quad (6)$$

Trong đó: ( $^{224}\text{Ra}/^{223}\text{Ra}$ )<sub>i</sub> là tỉ số các đồng vị gần bờ; ( $^{224}\text{Ra}/^{223}\text{Ra}$ )<sub>obs</sub> là tỉ số các đồng vị tại vị trí khảo sát (khoảng cách  $x$  từ bờ);  $\lambda_{223}$  và  $\lambda_{224}$ , tương ứng, là hằng số phân rã phóng xạ của  $^{223}\text{Ra}$  và  $^{224}\text{Ra}$ .

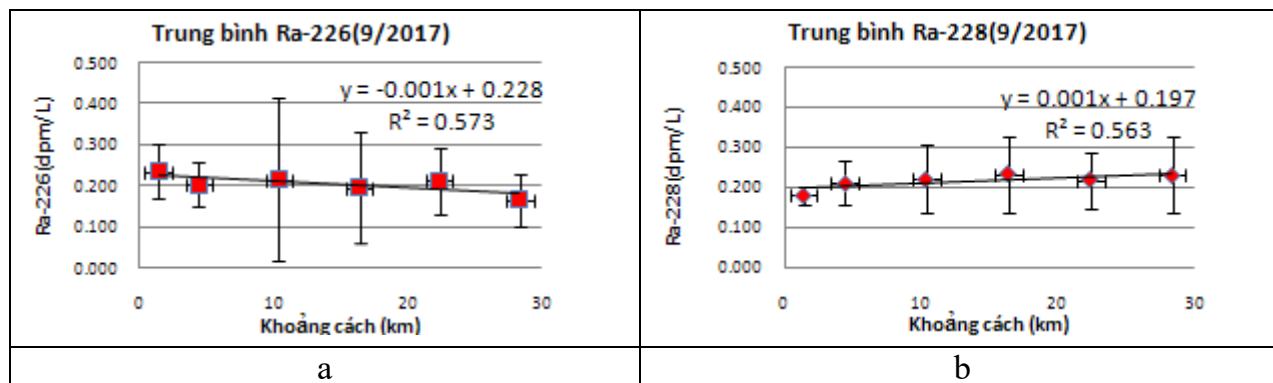
### III. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

#### 3.1. Phân bố không gian hoạt độ phóng xạ các đồng vị Ra trong vùng biển nghiên cứu

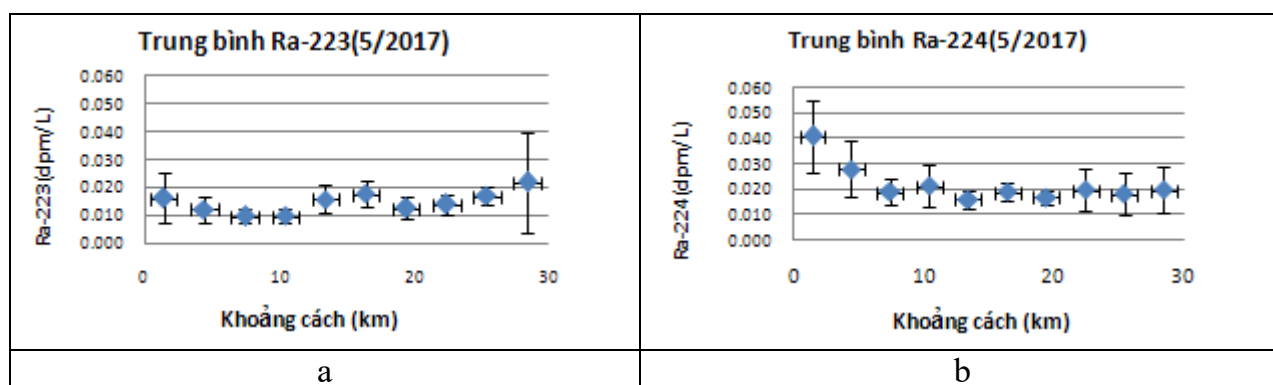
Phân bố các đồng vị Ra theo khoảng cách từ bờ trong nước biển vùng vịnh Phước Dinh được đưa trên các hình từ 3.1 đến 3.5.



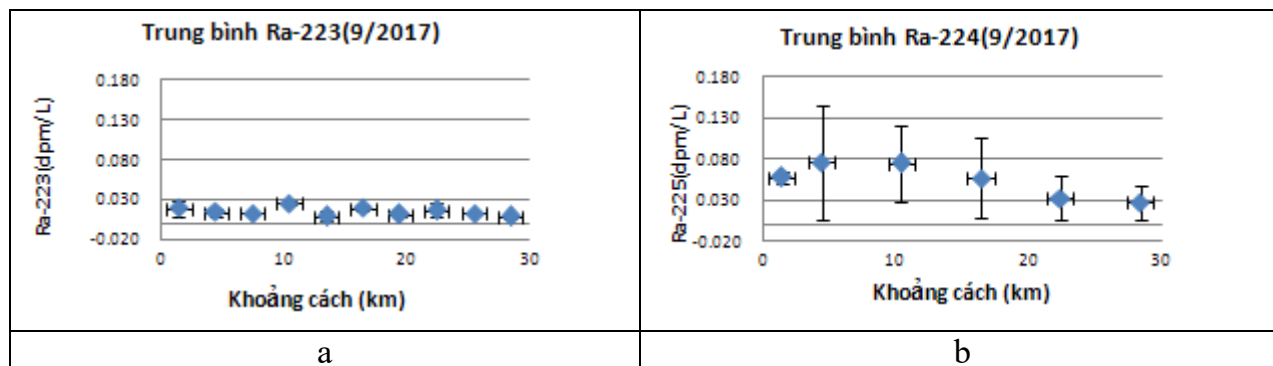
**Hình 3.1.** Hoạt độ phóng xạ trung bình của  $^{226}\text{Ra}$  (a) và  $^{228}\text{Ra}$  (b) theo khoảng cách từ bờ (5/2017)



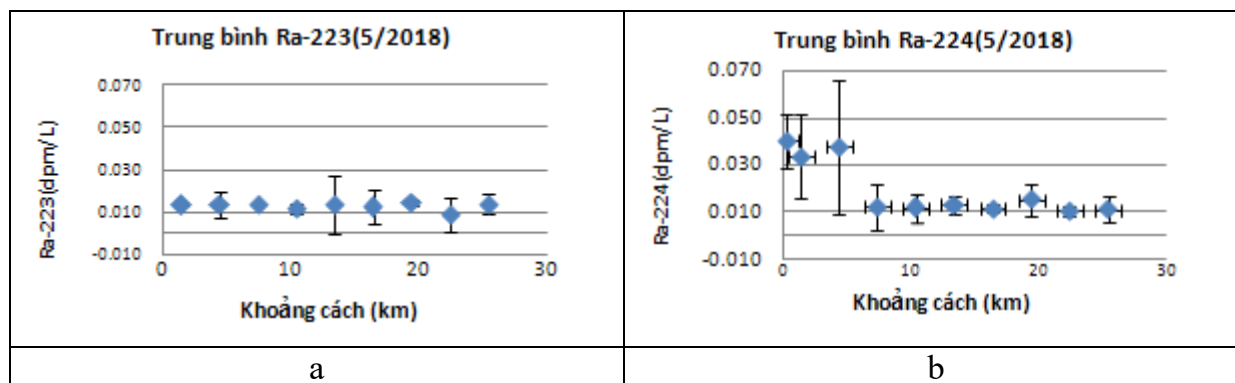
**Hình 3.2.** Hoạt độ phóng xạ trung bình của  $^{226}\text{Ra}$  (a) và  $^{228}\text{Ra}$  (b) theo khoảng cách từ bờ (9/2017)



**Hình 3.3.** Hoạt độ phóng xạ trung bình của  $^{223}\text{Ra}$  (a) và  $^{224}\text{Ra}$  (b) theo khoảng cách từ bờ (5/2017)



**Hình 3.4.** Hoạt độ phóng xạ trung bình của  $^{223}\text{Ra}$  (a) và  $^{224}\text{Ra}$  (b) theo khoảng cách từ bờ (9/2017)



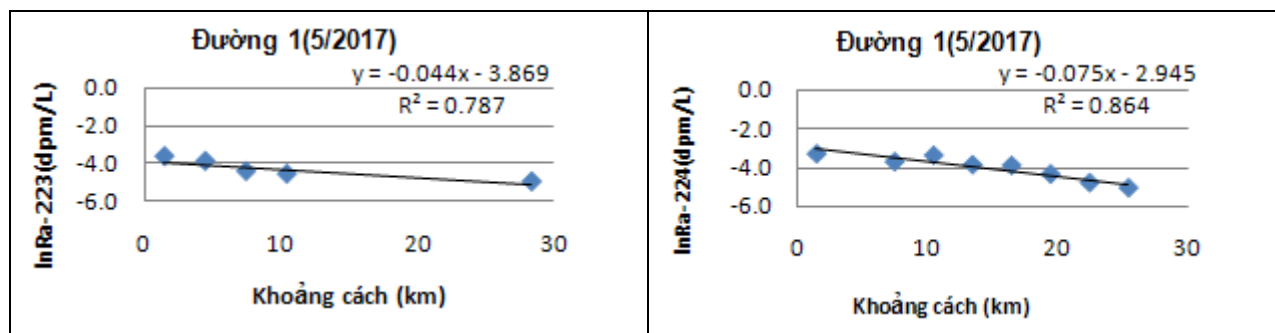
**Hình 3.5.** Hoạt độ phóng xạ trung bình của  $^{223}\text{Ra}$  (a) và  $^{224}\text{Ra}$  (b) theo khoảng cách từ bờ (5/2018)

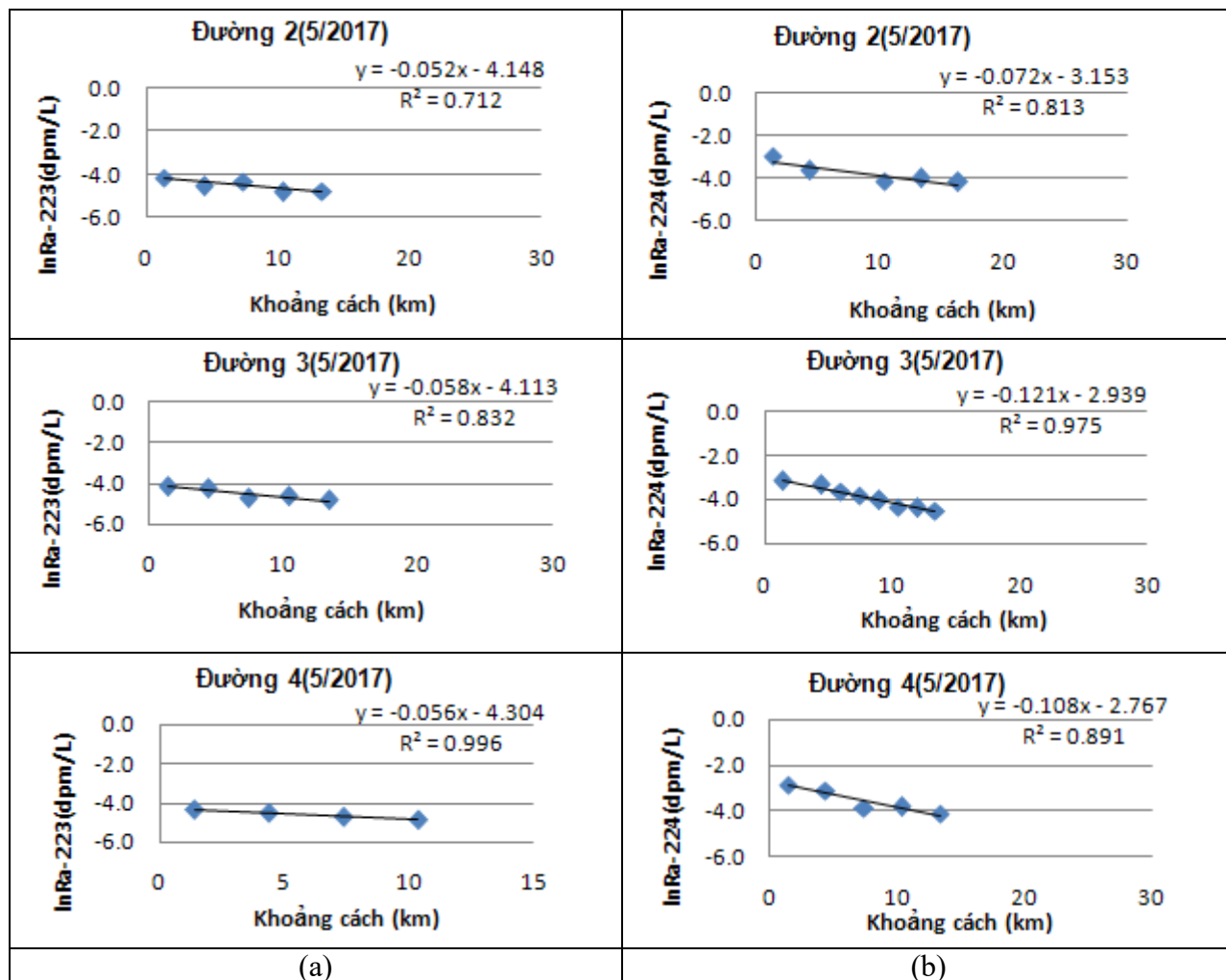
Hoạt độ trung bình của  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{228}\text{Ra}$  ít thay đổi dọc theo đường khảo sát vào các mùa. Hoạt độ trung bình của  $^{224}\text{Ra}$  giảm dần từ bờ hướng ra biển. Hoạt độ trung bình của  $^{223}\text{Ra}$  vào tháng 5 năm 2017 giảm dần từ bờ hướng ra biển trong vùng từ bờ đến 15 km. Hoạt độ trung bình của  $^{223}\text{Ra}$  vào tháng 9/2017 và 5/2018 ít thay đổi dọc theo đường khảo sát.

$^{226}\text{Ra}$  và  $^{228}\text{Ra}$  được sử dụng để đánh giá vai trò tương đối của sự vận chuyển ngang và khuếch tán xoáy. Hoạt độ  $^{226}\text{Ra}$  trong phạm vi 30 km từ bờ phù hợp với một đường thẳng có hệ số tương quan là  $R^2 = 0,590$  (tháng 5/2017- Hình 3.1a) và  $R^2 = 0,573$  (tháng 9/2017- Hình 3.2a); Hoạt độ  $^{228}\text{Ra}$  trong phạm vi 30 km từ bờ biển phù hợp với một đường thẳng có hệ số tương quan là  $R^2 = 0,676$  (tháng 5/2017- Hình 3.1b) và  $R^2 = 0,563$  (tháng 9/2017- Hình 3.2b). Các tương quan tuyến tính này là bằng chứng cho thấy sự phân bố trong phạm vi 30 km từ bờ được kiểm soát bởi sự khuếch tán xoáy, ít chịu ảnh hưởng của vận chuyển ngang và đáp ứng tiêu chí  $\omega = 0$ .

### 3.2. Xác định hệ số khuếch tán

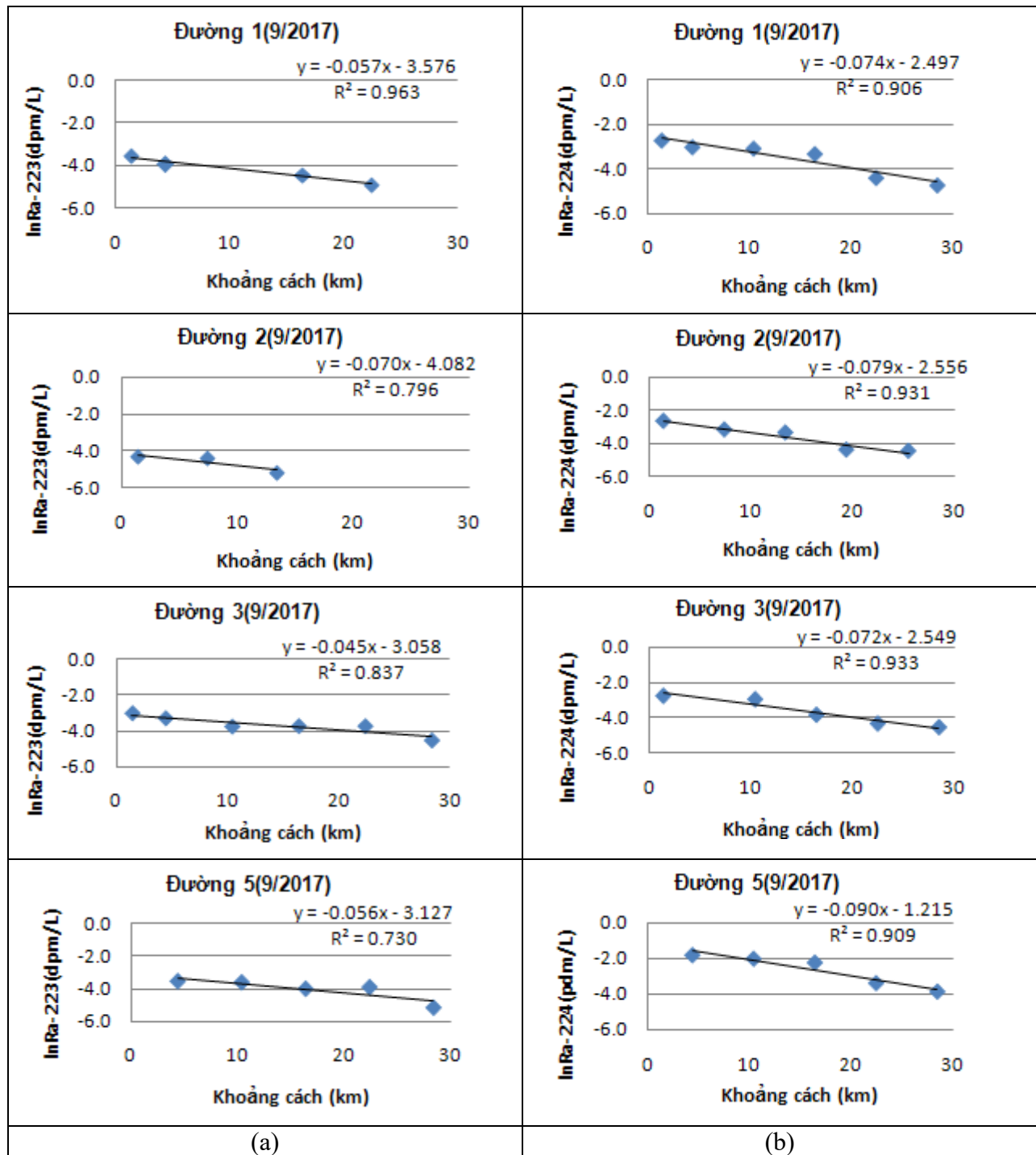
Từ kết quả thực nghiệm, hệ số khuếch tán  $K_h$  được xác định theo hoạt độ phóng xạ của đồng vị Ra bằng công thức (4). Công thức (4) cho thấy  $\ln A_x$  là hàm tuyến tính với khoảng cách (x) có hệ số góc là  $\sqrt{\frac{\lambda}{K_h}}$ . Quan hệ giữa  $\ln A_x$  và khoảng cách x đối với  $^{224}\text{Ra}$  và  $^{223}\text{Ra}$  trong vùng khảo sát được biểu diễn bằng đường bậc nhất với hệ số tương quan là R và được trình bày trên các hình 3.6 đến 3.8.





**Hình 3.6.** Quan hệ giữa  $\ln A_x$  và khoảng cách  $x$  đối với <sup>223</sup>Ra (a) <sup>224</sup>Ra (b) trên các đường khảo sát vào tháng 5/2017

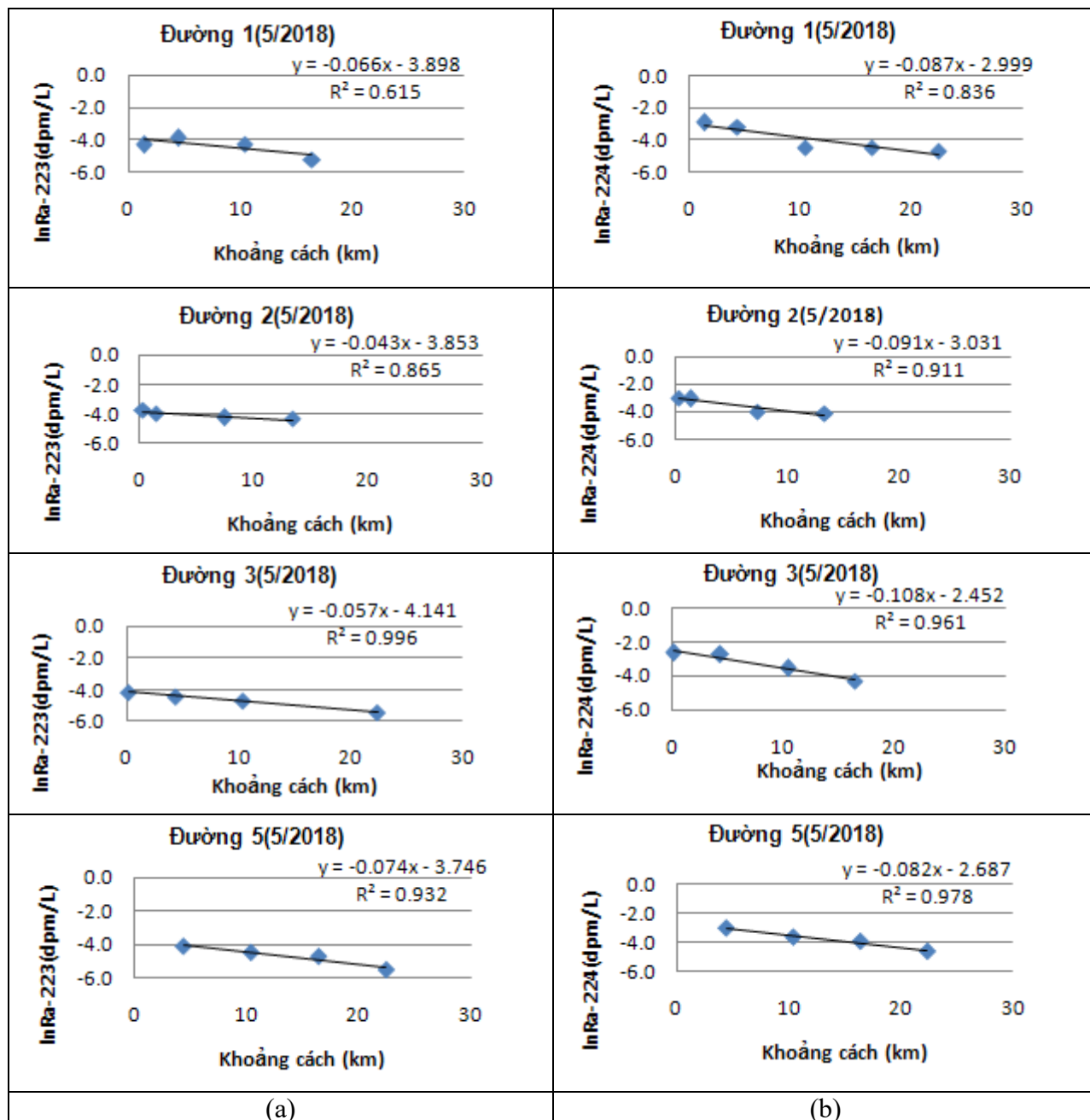
Cả  $\ln^{223}\text{Ra}$  và  $\ln^{224}\text{Ra}$  có mối tương quan mạnh với khoảng cách từ bờ đến 20 km ( $R^2$  đối với <sup>223</sup>Ra là từ 0,712 đến 0,996 - Hình 3.6a và  $R^2$  đối với <sup>224</sup>Ra là từ 0,813 đến 0,975- Hình 3.6b). Hệ số góc của  $\ln^{223}\text{Ra}$  chỉ ra hệ số khuếch tán trung bình là 244 ( $\text{m}^2/\text{s}$ ) và hệ số góc của  $\ln^{224}\text{Ra}$  chỉ ra hệ số khuếch tán trung bình là 287 ( $\text{m}^2/\text{s}$ ).



**Hình 3.7.** Quan hệ giữa  $\ln A_x$  và khoảng cách  $x$  đối với  $^{223}\text{Ra}$  (a)  $^{224}\text{Ra}$  (b) trên các đường khảo sát vào tháng 9/2017

Cả  $\ln^{223}\text{Ra}$  và  $\ln^{224}\text{Ra}$  có mối tương quan mạnh với khoảng cách từ bờ đến 30 km ( $R^2$  đối với  $^{223}\text{Ra}$  là từ 0,730 đến 0,963 - Hình 3.7a và  $R^2$  đối với  $^{224}\text{Ra}$  là từ 0,906 đến 0,933 - Hình 3.7b). Hệ số góc của  $\ln^{223}\text{Ra}$  chỉ ra hệ số khuếch tán trung bình là 233 ( $\text{m}^2/\text{s}$ ) và hệ số góc của  $\ln^{224}\text{Ra}$  chỉ ra hệ số khuếch tán trung bình là 361 ( $\text{m}^2/\text{s}$ ).





**Hình 3.8.** Quan hệ giữa  $\ln A_x$  và khoảng cách  $x$  đối với  $^{223}\text{Ra}$  (a)  $^{224}\text{Ra}$  (b) trên các đường khảo sát vào tháng 5/2018

Cả  $\ln^{223}\text{Ra}$  và  $\ln^{224}\text{Ra}$  có mối tương quan mạnh với khoảng cách từ bờ đến 20 km ( $R^2$  đối với  $^{223}\text{Ra}$  là từ 0,615 đến 0,996 - Hình 3.8a và  $R^2$  đối với  $^{224}\text{Ra}$  là từ 0,836 đến 0,978- Hình 3.8b). Hệ số góc của  $\ln^{223}\text{Ra}$  chỉ ra hệ số khuếch tán trung bình là 222 ( $\text{m}^2/\text{s}$ ) và hệ số góc của  $\ln^{224}\text{Ra}$  chỉ ra hệ số khuếch tán trung bình là 257 ( $\text{m}^2/\text{s}$ ).

Kết quả xác định hệ số khuếch tán dùng phân bố hoạt độ của  $^{224}\text{Ra}$  và  $^{223}\text{Ra}$  là khá phù hợp. Hệ số khuếch tán tại vùng biển nghiên cứu vào tháng 5/2017 là từ 244 đến 287 ( $\text{m}^2/\text{s}$ ), vào tháng 9/2017 là từ 233 đến 361 ( $\text{m}^2/\text{s}$ ), vào tháng 5/2018 là từ 222 đến 257 ( $\text{m}^2/\text{s}$ ).

### 3.3. Xác định thời gian lưu

Từ hệ số khuếch tán trung bình, thời gian lưu của nước biển được xác định theo công thức (5). Thời gian lưu của nước biển ven bờ trên vùng vịnh Phước Dinh (Ninh Thuận) được đưa ra trong Bảng 3.1.

**Bảng 3.1.** Thời gian lưu của nước biển ở các khoảng cách từ bờ trên vùng vịnh Phước Dinh (Ninh Thuận)

Thời gian	Hệ số khuếch tán $K_h$ ( $m^2/s$ )	Thời gian lưu (ngày)					
		5 km	10 km	15 km	20 km	25 km	30 km
Tháng 5/2017	244	0,6	2,4	5,3	9,5	14,8	21,3
	287	0,5	2,0	4,5	8,1	12,6	18,1
Tháng 9/2017	233	0,6	2,5	5,6	9,9	15,5	22,4
	361	0,4	1,6	3,6	6,4	10,0	14,4
Tháng 5/2018	222	0,7	2,6	5,9	10,4	16,3	23,5
	257	0,6	2,3	5,1	9,0	14,1	20,3

Vào tháng 5 (mùa khô), thời gian lưu của nước biển trong vùng 30 km từ bờ là từ 19 đến 23 ngày. Vào tháng 9 (mùa mưa), thời gian lưu của nước biển trong vùng trên là từ 14 đến 22 ngày.

### IV. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu đã xác định được hệ số khuếch tán và thời gian lưu của nước biển tại vùng biển dự kiến xây dựng nhà máy điện hạt nhân Ninh Thuận I. Vào tháng 5 (mùa khô), hệ số khuếch tán là từ 222 đến 287 ( $m^2/s$ ), vào tháng 9 (mùa mưa) là từ 233 đến 361 ( $m^2/s$ ).

Thời gian lưu của nước biển ven bờ trong vùng 30 km từ bờ vào tháng 5 (mùa khô) là từ 19 đến 23 ngày; vào tháng 9 (mùa mưa) là từ 14 đến 22 ngày.

Kết quả của nghiên cứu đã mở ra khả năng ứng dụng phương pháp đồng vị Ra để đánh giá hệ số khuếch tán và thời gian lưu của chất thải xâm nhập vào môi trường biển tại vùng nghiên cứu, làm cơ sở cho việc đánh giá tác động môi trường cho các cơ sở công nghiệp dọc theo bờ biển nước ta.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Beek, P. van et al.,. Radium isotopes to investigate the water mass pathways on the Kerguelen Plateau (Southern Ocean), *Deep-Sea Research II*, 55, pp. 622-637, 2008.
- [2]. Bourquin, M. et al.,. Comparison of techniques for pre-concentrating radium from seawater, *Marine Chemistry* 109, pp. 226-237, 2008.
- [3]. Breier, J.A. and H.N. Edmonds. High  $^{226}\text{Ra}$  and  $^{228}\text{Ra}$  activities in Nueces Bay, Texas indicate large submarine saline discharges, *Marine Chemistry*, 103, 131–145, 2007
- [4]. Chris Garrett. Turbulent dispersion in the ocean, *Progress in Oceanography* 70, 113–125, 2006.
- [5]. Gu, H. et al.,. Using radium isotopes to estimate the residence time and the contribution of submarine groundwater discharge (SGD) in the Changjiang effluent plume, East China Sea, *Continental Shelf Research* 35, pp. 95-10, 2012.
- [6]. Moore, W.S.,. Oceanic concentration of  $^{228}\text{Ra}$ , *Earth Planet. Sci. Letter.* 6, pp. 437-446, 1969.
- [7]. Moore, W.S., Reid, D.F. Extraction of radium from natural waters using manganese-impregnated acrylic fibers, *J. Geophys. Res.* 78 (36), 8880-888, 1973.
- [8]. Moore, W.S. et al. Techniques for precise mapping of  $^{226}\text{Ra}$  and  $^{228}\text{Ra}$  in the Ocean, *J. Geophys. Res.* 90 (C4), 6983-6994, 1985.
- [9]. Moore, W.S. Determining coastal mixing rates using radium isotopes, *Continental Shelf Research* 20, 1995- 2007, 2000(a).
- [10]. Moore, W.S. Ages of continental shelf waters determined from  $^{223}\text{Ra}$  and  $^{224}\text{Ra}$ , *Journal of Geophysical Research* VOL 105, 22,117- 22,122, 2000(b).
- [11]. Moore, W.S. Fifteen years experience in measuring  $^{224}\text{Ra}$  and  $^{223}\text{Ra}$ - by delayed-coincidence counting, *Marine Chemistry*, 109, 188 – 197, 2008.
- [12]. Moore, W.S. and Joselene de Oliveira. Determination of residence time and mixing processes of the Ubatuba, Brazil, inner shelf waters using natural Ra isotopes, *Estuarine, Coastal and Science* 76, pp. 512-521, 2008.
- [13]. Philip J. W. Roberts and Donald R. Webster. Turbulent diffusion, *School of Civil and Environmental Engineering, Georgia Institute of Technology, Atlanta, Georgia 30332-0355, E-mail [proberts@ce.gatech.edu](mailto:proberts@ce.gatech.edu)*, 2001.
- [14]. Phan Son Hải. “Nghiên cứu sử dụng các đồng vị radi để xác định hệ số khuếch tán và thời gian lưu của nước biển ven bờ - Pha 1: Xây dựng phương pháp xác định hệ số khuếch tán và thời gian lưu của nước biển ven bờ”, *Báo cáo tổng kết đề tài cấp Bộ 2015-2016*, 2016.
- [15]. Rapaglia, J. et al. Investigation of residence time and groundwater flux in Venice Lagoon: Comparing radium isotope and hydrodynamical models, *Journal of Environmental Radioactivity* 101, pp. 571-581, 2010.
- [16]. Souza, T.A. et al. Use of multitracers for the study of water mixing in the Paraíba do Sul River estuary, *Journal of Environmental Radioactivity* 101, pp. 564-570, 2010.

# USING NATURAL RADIUM ISOTOPES TO DETERMINE DIFFUSION COEFFICIENT AND RESIDENCE TIME OF COASTAL WATER AT PLANED LOCATION FOR THE NINH THUAN I NUCLEAR POWER PLANT (NPP)

NGUYEN VAN PHUC, PHAN SON HAI, NGUYEN THI HUONG LAN, VO THI MONG THAM, PHAN QUANG TRUNG, NGUYEN MINH DAO, LE XUAN THANG

*Dalat Nuclear Research Institute  
01 Nguyen Tu Luc Street, Dalat, Lamdong*

## **Abstract**

Coastal water contains elevated dissolved activities of short-lived radium isotopes,  $^{223}\text{Ra}$  and  $^{224}\text{Ra}$  having half-lives of 14,4 days and 3,66 days, respectively. The input of these near the coast must be balanced by decay and mixing into the open ocean, where excess activities are zero. When the distribution of these isotopes from the coast to the offshore are known, can estimating diffusion coefficient and residence time of coastal water.

With the results of research on the distribution of radium in a sea area of Phuoc Dinh commune, the research team has determined diffusion coefficient and residence time of coastal water in the area of the Ninh Thuan I NPP. In the dry season, the diffusion coefficient is in a range of 222 - 287  $\text{m}^2/\text{s}$  and the residence time is in a range of 19 - 23 days within a distance of 30 km from the coast. In the rainy season, the diffusion coefficient is in a range of 233 - 361  $\text{m}^2/\text{s}$  and the residence time is in a range of 14 - 22 days.

The results of this study opened up the possibility of using radium isotopes to assess diffusion coefficient and residence time of wastes entering the marine environment. This is very essential for assessing the environmental impact of industrial facilities along the marine coast of Vietnam.

**Keywords:** *Diffusion coefficient, residence time, coastal water.*