

## **Chương 2**

# **NGUỒN GỐC PHÓNG XẠ**

# NỘI DUNG

- ◆ Phóng xạ tự nhiên
- ◆ Sản xuất và tái chế nhiên liệu hạt nhân
- ◆ Nhà máy điện hạt nhân
- ◆ Vũ khí hạt nhân.

# Phóng xạ tự nhiên trong đất

- ◆ Các nhân phóng xạ có nguồn gốc tự nhiên được sinh ra cùng với vũ trụ và Trái Đất. Theo thời gian đa số các đồng vị phóng xạ này phân rã và trở thành các nguyên tố bền.
  - Phân rã tự nhiên của các nguyên tố phóng xạ.
  - Thực vật hấp thụ các nguyên tố phóng xạ.
  - Sự rửa trôi do nước.
  - Sự thoát hơi và bức xạ vào khí quyển.

## Các nhân phóng xạ tự nhiên phổ biến nhất trong vỏ Trái Đất

Đồng vị phóng xạ	Chu kỳ bán rã	Hoạt độ tự nhiên
$^{238}\text{U}$	$4,47 \cdot 10^9$ năm	99,27% Uran tự nhiên. 0,5-0,7ppm Uran trong đá
$^{232}\text{Th}$	$1,41 \cdot 10^{10}$ năm	1,6-20 ppm trong các loại đá, trung bình 10,7 ppm
$^{226}\text{Ra}$	$1,60 \cdot 10^3$ năm	16 Bq/kg trong đá vôi và 48 Bq/kg trong đá magma
$^{222}\text{Rn}$	3,82 ngày	0,6-28 Bq/ m <sup>3</sup> trong không khí ( tại Mỹ)
$^{40}\text{K}$	$1,28 \cdot 10^9$ năm	37- 1100 Bq/kg trong đất

# Phóng xạ tự nhiên trong đất

- ◆ Các đồng vị phóng xạ này cùng với sản phẩm phân rã của chúng là nguồn chính của bức xạ ion hóa tự nhiên tác dụng lên mọi sinh vật trên Trái Đất. Các nguyên tố phóng xạ tự nhiên còn tồn tại đến nay tạo thành ba dãy phóng xạ, đứng đầu là các đồng vị  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$  và  $^{235}\text{U}$ 
  - Đồng vị Kali ( $^{40}\text{K}$ ) có rất nhiều trong tự nhiên
  - Đồng vị Chì ( $^{210}\text{Pb}$ ) có rất nhiều trong tự nhiên, thời gian bán rã  $T_{1/2} = 22,23$  năm.  $^{210}\text{Pb}$  phân rã gamma với năng lượng 46,5 keV.
  - Đồng vị Cesium ( $^{137}\text{Cs}$ ) phân rã gamma với năng lượng 661,6 keV. Thời gian bán rã  $T_{1/2} = 30,7$  năm

# Phóng xạ tự nhiên trong không khí

- ◆ - Nguồn từ vũ trụ.
- ◆ - Nguồn khí phóng xạ phát ra từ đất. Khí phóng xạ phát ra từ đất, đá gốc, và nước trong tự nhiên khuếch tán và lan truyền trong không khí. Sự có mặt của Radon là nguyên nhân chính gây nên phóng xạ tự nhiên trong không khí.
  - Về phương diện an toàn bức xạ sự chiếu ngoài của nó không gây tác hại bằng **sự chiếu trong cơ thể** khi con người hít phải bụi có nhân phóng xạ bám vào. Hội đồng khoa học Liên Hiệp Quốc về ảnh hưởng của bức xạ nguyên tử **(UNSCEAR) năm 2000 đã thống kê và cho thấy sự đóng góp của Radon vào liều chiếu cho con người gây bởi các nguồn tự nhiên lên đến 50%.** Vì thế, Radon được xem là nguồn phóng xạ tự nhiên có ảnh hưởng lớn nhất đối với sức khỏe con người.

# Phóng xạ tự nhiên trong nước

- ◆ Nước trong các đại dương chứa hàng tỷ tấn K, Ru, U, Th và Ra. Đặc biệt, độ phóng xạ trong nước chủ yếu là do K quyết định vì nồng độ của nó cao hơn nhiều so với các đồng vị khác .
  - Các nguyên tố Uranium, Thorium...tách ra từ đất, đá rồi bị cuốn trôi theo dòng nước nhưng hàm lượng của chúng trong nước nhỏ hơn trong đất khoảng 10-100 lần, vì trong quá trình lưu chuyển, các nhân phóng xạ chỉ tan một phần nhỏ trong nước, phần còn lại sẽ lắng đọng vào đất.
  - Nồng độ các nguyên tố phóng xạ trong nước cũng thay đổi theo độ mặn và độ sâu. Ngoài ra, nồng độ của chúng còn tùy thuộc vào điều kiện địa lý và các loại nham thạch quanh vùng. Nồng độ Uranium trong các con sông chảy ở phương Nam thường cao hơn phương Bắc.

Hoạt độ phóng xạ tự nhiên trong các đại dương được tính theo giá trị của Almanac Thế Giới 1999. (\*)  $1 \text{ EBq} = 10^{18} \text{ Bq}$

Đồng vị	Hoạt độ	Hoạt độ trong đại dương (EBq)		
		Thái Bình Dương ( $6594 \cdot 10^{17} \text{ m}^3$ )	Đại Tây Dương ( $3095 \cdot 10^{17} \text{ m}^3$ )	Tất cả các đại dương ( $13 \cdot 10^{18} \text{ m}^3$ )
$^{238}\text{U}$	33MBq/l	22 EBq(*)	11 EBq	41 EBq
$^{40}\text{K}$	11Bq/l	7400 EBq	3300 EBq	14000 EBq
$^3\text{H}$	0,6 Bq/l	370 EBq	190 EBq	740000 EBq
$^{14}\text{C}$	5MBq/l	3 EBq	1,5 EBq	6,7 EBq
$^{87}\text{Ru}$	1,1 Bq/l	700 EBq	330 EBq	1300 EBq



# Các đồng vị phóng xạ tự nhiên trong cơ thể người

- ♦ Cơ thể con người được cấu tạo từ các nguyên tố hóa học vì thế trong cơ thể người có chứa các nhân phóng xạ

Đồng vị phóng xạ	Lượng nhân phóng xạ tìm thấy trong cơ thể	Hoạt độ (Bq)	Lượng nhân phóng xạ hấp thụ hằng ngày
$^{238}\text{U}$	0,09mg	1,10	0,02mg
$^{232}\text{Th}$	0,03mg	0,11	3mg
$^{40}\text{K}$	17,10 mg	4400	0,390 mg
$^{226}\text{Ra}$	31,00 pg	1,10	2,300 pg
$^{14}\text{C}$	22,00 ng	3700	1,800 ng
$^3\text{H}$	0,66 pg	23,00	0,003 pg
$^{210}\text{Po}$	0,20 pg	37,00	~ 0,600 fg

# Các đồng vị phóng xạ tạo ra từ tia vũ trụ

- ♦ Trong nhân phóng xạ tạo từ tia vũ trụ chỉ có  $^3\text{H}$ ,  $^{14}\text{C}$ ,  $^7\text{Be}$  có thời gian sống tương đối dài, có hoạt độ đáng kể và có ý nghĩa đối với các nghiên cứu môi trường, đa số các đồng vị còn lại có hoạt độ yếu.
- ♦ Các đồng vị được tạo ra từ lớp trên của khí quyển bởi tương tác của tia vũ trụ với hạt nhân của các nguyên tử khí. Sau đó chúng được vận chuyển tới bề mặt Trái Đất và gắn kết vào hệ sinh học và các vật liệu địa chất. Đó là các hạt nhân:  $^3\text{H}$ ,  $^{10}\text{Be}$ ,  $^{14}\text{C}$ ,  $^{26}\text{Al}$ ,  $^{32}\text{Si}$ ,  $^{36}\text{Cl}$ ,  $^{41}\text{Ca}$ .
- ♦ Quan trọng nhất trong số đó là  $^{14}\text{C}$  đặc trưng cho chu trình carbon sinh địa hóa để định tuổi các vật liệu khảo cổ và môi trường.

# Các đồng vị phóng xạ tạo ra từ tia vũ trụ

Đồng vị phóng xạ	Chu kì bán rã	Tỷ lệ hình thành trong khí quyển (nguyên tử/cm <sup>2</sup> .s)
<sup>10</sup> Be	2,7 .10 <sup>6</sup> năm	4,50.10 <sup>-2</sup>
<sup>36</sup> Cl	3,1.10 <sup>5</sup> năm	1,10.10 <sup>-3</sup>
<sup>14</sup> C	5568 năm	1,80
<sup>32</sup> Si	500 năm	1,60.10 <sup>-4</sup>
<sup>3</sup> H	12,3 năm	0,25
<sup>22</sup> Na	2,6 năm	5,60.10 <sup>-5</sup>
<sup>35</sup> S	88 ngày	1,40.10 <sup>-3</sup>
<sup>7</sup> Be	53 ngày	8,10.10 <sup>-2</sup>
<sup>33</sup> P	25 ngày	6,80.10 <sup>-4</sup>
<sup>32</sup> P	14,3 ngày	8,10.10 <sup>-4</sup>
<sup>27</sup> Na	15,1 giờ	-
<sup>38</sup> S	2,9 giờ	-
<sup>39</sup> Cl	55 phút	1,60 10 <sup>-3</sup>
<sup>38</sup> Cl	37 phút	

# Bức xạ vũ trụ

- ◆ Các bức xạ đến Trái Đất từ vũ trụ gọi là tia vũ trụ. Tia vũ trụ được chia thành hai loại là tia vũ trụ sơ cấp và tia vũ trụ thứ cấp. Tia sơ cấp là những hạt tích điện có năng lượng cao đến từ vũ trụ. Tia thứ cấp là các bức xạ được tạo ra từ các tia sơ cấp khi chúng tương tác với các nguyên tử của bầu khí quyển.
- ◆ Trong tự nhiên, việc hình thành nhân phóng xạ trong khí quyển phụ thuộc vào độ cao và vĩ độ, tương ứng với mật độ tia vũ trụ. Khoảng 70% các hạt nhân, sản phẩm của sự phân mảnh, phát sinh trong tầng bình lưu. Khoảng 30% hình thành trong tầng đối lưu. Như vậy, khí quyển và trường điện từ của Trái Đất có vai trò như lớp màn bảo vệ để giảm lượng bức xạ vũ trụ đến bề mặt Trái Đất.

# Các đồng vị phóng xạ nhân tạo

- ◆ Việc gia tăng nhanh chóng các ứng dụng công nghệ hạt nhân và sự tăng đột biến các vụ thử vũ khí hạt nhân trong thời chiến tranh lạnh đã khiến cho thế giới lo ngại về sự quản lí các nguồn đồng vị phóng xạ mà nguồn phóng xạ được quan tâm hàng đầu.
- ◆ Phóng xạ nhân tạo chiếm khoảng 15% sự đóng góp vào phong phóng xạ

# Một số đồng vị phóng xạ nhân tạo chính

Đồng vị phóng xạ	Chu kì bán rã	Nguồn
$^3\text{H}$	12,3 năm	Thử vũ khí hạt nhân và các lò phản ứng phân hạch, các cơ sở tái chế và sản xuất vũ khí hạt nhân.
$^{131}\text{I}$	8,04 ngày	Thử bom hạt nhân và lò phản ứng, điều trị tuyến giáp
$^{129}\text{I}$	$1,57 \cdot 10^7$ năm	Thử bom hạt nhân và lò phản ứng
$^{137}\text{Cs}$	30,17 năm	Thử bom hạt nhân và lò phản ứng
$^{90}\text{Sr}$	28,78 năm	Thử bom hạt nhân và lò phản ứng
$^{99}\text{Tc}$	$2,11 \cdot 10^5$ năm	Phân rã tạo $^{99}\text{Mo}$ dùng trong chẩn đoán y học
$^{239}\text{Pu}$	$2,41 \cdot 10^4$ năm	Sản phẩm của phản ứng bắn phá hạt nhân $^{238}\text{U}$ bằng nơtron

# Vũ khí hạt nhân

- ◆ Rơi lảng từ các vụ thử vũ khí hạt nhân là nguồn phóng xạ nhân tạo lớn nhất trong môi trường.
- ◆ Vụ nổ hạt nhân đầu tiên có công suất 19 kilôton vào ngày 16 tháng 7 năm 1945 tại Mỹ và sau đó là hai quả bom nguyên tử được ném xuống Nhật Bản tại Hiroshima và Nagasaki vào đầu tháng tám năm 1945.
- ◆ Các vụ thử hạt nhân trong khí quyển đã được tiến hành vào những năm 1952 đến 1958 và sau đó là từ 1961 đến 1962.
- ◆ Sau hiệp ước hạn chế thử vũ khí hạt nhân trong khí quyển vào năm 1963, chỉ còn tại Pháp. Trung Quốc và Ấn Độ vẫn thử, nhưng vụ cuối cùng là vào năm 1980.
- ◆ UNSCEAR cho rằng có đến 520 vụ thử hạt nhân trong đó có 8 vụ thử ngầm dưới nước đã được tiến hành trên bán cầu Bắc với tổng công suất là 542000 kilôton. Số vụ thử hạt nhân ngầm trong lòng đất là 1352 với tổng công suất là 90 triệu tấn.

# Vũ khí hạt nhân

- ◆ Dấu hiệu của bom hạt nhân là các sản phẩm phân hạch của  $^{235}\text{U}$  và  $^{239}\text{Pu}$ .
- ◆ Dấu hiệu của các thiết bị nhiệt hạch là  $^3\text{H}$  đi kèm với các sản phẩm phân hạch thứ cấp khi neutron nhanh tương tác với  $^{238}\text{U}$  ở lớp vỏ bọc ngoài.
- ◆ Các đồng vị phóng xạ khác cũng được tạo ra do kết quả của việc bắt neutron với các vật liệu làm bom và không khí xung quanh. Một trong những sản phẩm quan trọng nhất là  $^{14}\text{C}$  được tạo ra do phản ứng  $^{14}\text{N} (n,p) ^{14}\text{C}$ .
- ◆ Hầu hết phóng xạ từ các vụ thử hạt nhân đều đã phân rã đến mức không còn ý nghĩa về mặt môi trường, chỉ còn các đồng vị  $^{14}\text{C}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  và  $^{239}\text{Pu}$  do chu kỳ bán rã của chúng dài. Hạt nhân  $^{241}\text{Am}$  không sinh ra từ các vụ thử hạt nhân nhưng nó lại có ý nghĩa về mặt môi trường do nó là con cháu của  $^{241}\text{Pu}$ .
- ◆ Một lượng lớn các đồng vị phóng xạ đã được đưa vào lòng đất qua các vụ thử hạt nhân nhưng chúng ta không có đầy đủ thông tin để đánh giá các ảnh hưởng lâu dài của nó.



# Điện hạt nhân

- ◆ Theo thống kê, năm 1954 là năm thế giới có trạm phát điện nguyên tử đầu tiên đưa vào vận hành, cho tới cuối năm 2006, toàn thế giới đã có 34 nước với 560 trạm phát điện nguyên tử, tạo ra 5780 tỷ kWh chiếm 1/4 tổng lượng điện toàn thế giới làm ra
- ◆ Hầu hết các đồng vị phóng xạ thải vào môi trường đều từ các chu trình nhiên liệu hạt nhân như khai thác mỏ, trạm nghiền uranium, sản xuất và tái chế các thanh nhiên liệu. Do hoạt độ thải nhỏ nên việc thải loại này không có ý nghĩa.
- ◆ Quặng uranium được tách và đúc dưới lòng đất. Hơn nữa các phần quặng chứa uranium và các nhân con cháu của nó sẽ bị lắng tụ gần nơi khai thác và chế biến, dẫn đến nhiễm bẩn rất lâu dài

# Tai nạn hạt nhân

- ◆ Năng lượng hạt nhân có một ưu điểm không thể chối cãi được là nó không thải các chất làm biến đổi khí hậu và làm tăng hiệu ứng nhà kính.
- ◆ Tuy nhiên, theo quan điểm chất lượng môi trường, sức khỏe con người và sự chấp nhận của cộng đồng đối với năng lượng hạt nhân thì cuộc sống cần tất cả các khả năng có thể để tránh các thảm họa và tai nạn hạt nhân.
- ◆ Khoảng 150 tai nạn lớn nhỏ của ngành năng lượng hạt nhân đã xảy ra lớn nhất vẫn là tai nạn Chernobyl (26/4/1986) Ucraina. Tai nạn Chernobyl có ảnh hưởng mang tầm quốc tế do thải vào khí quyển một lượng lớn các đồng vị phóng xạ. Gần đây đã xảy ra tai nạn hạt nhân do thảm họa sóng thần làm hỏng nhà máy điện hạt nhân Fukushima ở Nhật bản (11/3/2011).
- ◆ Điều cần nhấn mạnh rằng, hầu hết các tai nạn hạt nhân đều có nguồn gốc từ các sai sót của con người hơn là sự cố kỹ thuật

# Tóm tắt các tai nạn hạt nhân chính

Địa điểm. Thời gian	Bản chất tai nạn	Hoạt độ tổng	Liều (Sv.người)
Windscale. UK 10/1957	Cháy máy lạnh, bộ làm chậm graphit được dùng để sản xuất Pu và $^{210}\text{Po}$ (chiếu xạ Bi)	1975 TBq	2200
Ấn Độ Dương 4/1964	Vệ tinh của Mỹ chứa nguồn SNAP giàu $^{238}\text{Pu}$ bị cháy trên tầng bình lưu	$^{238}\text{Pu}$ (629 TBq)	2100
Thule Greenland 1968	Tai nạn của máy bay ném bom, bom được tháo ra và $^{239,240}\text{Pu}$ phân rã.	$^{239}\text{Pu}$ , $^{240}\text{Pu}$ (11TBq)	-
Bắc Canada 1/1978	Vệ tinh Cosmos 954 Nga chứa lò hạt nhân bị rơi, phân tán phóng xạ trên diện tích ~ 50x800 km.	20kg uran giàu (190 TBq)	16
Chernobyl. Ukraine. 4/1986	Nổ và cháy lò RBMK do mất lạnh. Hông phần lớn cấu trúc lò và thải khí và bốc hơi phóng xạ và các sản phẩm kích hoạt vào khí quyển.	Tổng ~2 Ebq	60000
Tokai Mura,Japan 9/1999	Tai nạn sản phẩm của khối tới hạn trong khi xử lí uran giàu, gây nổ và phản ứng hạt nhân không kiểm soát được trong 1 ngày.	Chưa xác định được	-
Fukushima. Japan 11/3/2011	Thảm họa sóng thần làm hỏng nhà máy điện hạt nhân gây thiệt hại trực tiếp cho người và tài sản đồng thời gây nhiễm bẩn phóng xạ đến môi trường.	Chưa xác định được	-

# Các khu chứa chất thải phóng xạ

- ◆ Tại cơ sở Dounreay Scotland do hệ thống làm nguội NaK của bộ chứa chất thải bị nổ, các chất thải phóng xạ được tích từ năm 1956 đến 1977 đã bị rò ra ngoài bờ biển với hoạt độ riêng tới  $2 \cdot 10^8 \text{Bq}$
- ◆ Các chất phóng xạ nhiễm bẩn do các hoạt động quốc phòng có thể gây ảnh hưởng toàn cầu, đặc biệt trên bắc cực Ví dụ các tàu ngầm nguyên tử bị chìm, 10 lò phản ứng hết nhiên liệu của hải quân Xô Viết trên biển Karen và vịnh hẹp Novaya Zemlya trong 30 năm. Việc thải các chất phóng xạ lỏng có hoạt độ tới 100 PBq (sản phẩm phân hạch và đồng vị Pu) khoảng các năm 1949-1956 từ trung tâm sản xuất Pu Chelyabinsk-40 gần Kyshtym của Liên Xô trước đây đã gây ra nhiễm bẩn 50 km lòng sông Techa.