Tạp chí ĐỊA CHẤT, loạt A, số 359, 9/2016, tr.59-71

NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG CHƯƠNG TRÌNH TÍNH TOÁN SỰ LAN TRUYỀN NỒNG ĐỘ KHÍ PHÓNG XẠ RADON TRÊN KHU VỰC MỎ. ÁP DỤNG TÍNH TOÁN TẠI KHU VỰC MỎ ĐẤT HIẾM NẬM XE - LAI CHÂU

NGUYỄN THÁI SƠN

Liên đoàn Địa chất Xạ-Hiếm

Tóm tắt: *Bài báo giới thiệu phương pháp nghiên cứu mô hình lý thuyết và xây dựng chương trình tính toán sự lan truyền khí phóng xạ radon từ khu vực mỏ đến các khu vực dân cư lân cận. Trên cơ sở các mô hình thuật toán lý thuyết, tác giả đã sử dụng mô hình lý thuyết Gauss, để tính toán sự lan truyền nồng độ khí radon đối với nguồn dạng vùng. Từ những lý thuyết về mô hình Gauss, tác giả đã xây dựng chương trình tính toán sự lan truyền khí phóng xạ radon có tính các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình lan truyền và áp dụng chương trình tính toán sự phát tán khí phóng xạ radon tại khu vực mỏ đất hiếm Nậm Xe - Lai Châu năm 2015. Các số liệu tính toán có sự đối sánh với các tài liệu đã thu thập tại khu vực này.*

I. MỞ ĐẦU

Khí phóng xạ radon là một trong những nguyên nhân gây ung thư phổi. Theo EPA (Tổ chức bảo vệ môi trường Mỹ), khí phóng xạ radon là nguyên nhân gây tử vong cho 6.000-36.000 ca ung thư phổi mỗi năm ở Mỹ. Theo UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation), tổng liều chiếu trung bình toàn cầu là 2,4 mSv/năm, trong đó thành phần liều chiếu ngoài (đóng góp từ bức xạ gamma và bức xạ vũ trụ) chiếm khoảng 36%; thành phần liều chiếu trong (do hít thở khí radon, thoron và ăn uống) chiếm khoảng 64%.

Một trong những "nguồn" cung cấp khí phóng xạ radon ở nước ta là các mỏ urani, các mỏ đất hiếm chứa phóng xạ. Bản thân các mỏ quặng phóng xạ, chứa phóng xạ đã gây ra các dị thường nồng độ radon trong không khí từ hàng trăm tới hàng nghìn Bq/m^3 trên các diện tích rộng từ một vài kilômét vuông tới hàng chục kilômét vuông. Xác định sự lan truyền khí phóng xạ radon trong không khí từ khu vực mỏ có ý nghĩa quan trọng trong việc dự báo khả năng ảnh hưởng của khí radon đối với các khu vực dân cư lân cận mỏ và tính toán mức liều nhiễm hiệu dụng gây ra bởi radon, bởi vì khí radon là một trong những nhân tố chính phục vụ tính liều chiếu trong qua đường hô hấp. Đặc biệt, trong thời gian tới, các mỏ phóng xạ, chứa phóng xạ trong cả nước được đưa vào khai thác, chế biến làm gia tăng nồng độ khí phóng xạ radon.

Khi mô tả bằng toán học, quá trình khuếch tán các chất ô nhiễm trong không khíthường được đặc trưng bởi trị số hàm lượng chất ô nhiễm phân bố trong không gian và biến đổi theo thời gian. Phương trình vi phân của quá trình khuếch tán chất ô nhiễm dạng khí và dạng sonkhí trong khí quyển được dùng làm cơ sở cho mọi công thức toán học biểu diễn quátrình này là xuất phát từ phương trình cổ điển về dẫn nhiệt trong vật rắn.Trong trường hợp dòng khí chảy rối, phương trình biểu diễn hàm lượng chất ônhiễm tại một điểm có tọa độ x, y, z có dạng như sau [5]:

$$\frac{\partial C}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial x}\left(k_x \frac{\partial C}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(k_y \frac{\partial C}{\partial y}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(k_z \frac{\partial C}{\partial z}\right) \quad (1)$$

Trong đó: C: hàm lượng chất ô nhiễm, g/m^3; τ: thời gian, s; k_x, k_y, k_z: hệ số khuếch tán rối theo phương x, y, z, tương ứng.

Để đánh giá khả năng phát tán của ^{222}Rn tại các khu vực mỏ phóng xạ cần nghiên cứu một mô hình vận chuyển và khuếch tán phù hợp. Khi chất ô nhiễm (khí phóng xạ radon) đi vào môi trường khí, nó chịu ảnh hưởng bởi thời tiết (tốc độ gió, hướng gió, nhiệt độ, lượng mưa, ánh sáng mặt trời), địa hình, đặc điểm nguồn thải (chiều cao, diện tích, nồng độ...) và các đặc trưng hóa học, vật lý của chất ô nhiễm (mức độ phản ứng, độ hòa tan...). Ở các mô hình tính toán cao cấp, tất cả các thông tin trên cần được thu thập, tuy nhiên ở các mô hình đơn giản chỉ sử dụng những hệ số quan trọng nhất làm đầu vào.

Qua nghiên cứu lựa chọn các mô hình thuật toán, dựa trên điều kiện áp dụng của bài toán tính toán sự lan truyền dạng vùng, bao gồm khoảng cách cần tính toán 0-20 km (sự lan truyền khí phóng xạ radon đến các khu vực dân cư lân cận khu mỏ), các tham số đầu vào cần thiết về khí tượng, địa hình và nguồn phát thải, cùng với kinh nghiệm và năng lực thiết bị, tác giả đã lựa chọn mô hình Gauss để xây dựng mô hình tính toán lan truyền khí phóng xạ Radon từ khu vực mỏ phóng xạ đến các khu vực dân cư lân cận.

II. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU LÝ THUYẾT VÀ XÂY DỰNG CHƯƠNG TRÌNH TÍNH TOÁN SỰ LAN TRUYỀN NỒNG ĐỘ RADON TRONG KHÔNG KHÍ

1. Nghiên cứu áp dụng mô hình Gauss trong tính toán lan truyền khí phóng xạ radon với nguồn dạng vùng

a) Phân tán trong khí quyển từ một nguồn dạng điểm

Phương trình (1) mô tả nồng độ và phân bố của một đám mây luồng khí thải phát ra từ nguồn điểm duy nhất, trong đó $P(x_0,y_0,z_0)$. Để mô tả sự khuếch tán chất ô nhiễm từ nguồn điểm cao liên tục và hằng số theo "mô hình Gauss" sử dụng công thức [1-4]:

$$\chi = \frac{Q}{2\pi\bar{u}\sigma_y\sigma_z} exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right)\left[exp\left(-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right) + exp\left(-\frac{(z+H)^2}{2\sigma_z^2}\right)\right] \quad (2)$$

Trong đó: χ: Nồng độ chất phóng xạ trong không khí, Bq/m^3; Q: Tốc độ phát thải, Bq/s; $\bar{u}$: Tốc độ gió, m/s; H: Độ cao hiệu dụng, m; σ_y: Hệ số phát tán theo phương ngang, m; σ_z: Hệ số phát tán theo phương thẳng đứng, m; x: Khoảng cách theo chiều gió, m; y: Khoảng cách theo phương vuông góc với chiều gió, m; z: Khoảng cách theo chiều dọc so với mặt đất, m.

Trường hợp phát thải ở mặt đất tại z=0, phương trình (2) đơn giản hóa thành phương trình sau:

$$\chi(x,y,0,H) = \frac{Q}{\pi\bar{u}\sigma_y\sigma_z} \exp\left[\frac{-y^2}{2\sigma_y^2}\right] \exp\left[\frac{-(H)^2}{2\sigma_z^2}\right] \quad (3)$$

Để tính toán nồng độ dọc theo đường trung tâm của luồng khí (y=0), ta có phương trình đơn giản hơn:

$$\chi(x,0,0,H) = \frac{Q}{\pi\bar{u}\sigma_y\sigma_z} \exp\left[\frac{-H^2}{2\sigma_z^2}\right] \quad (4)$$

Với nguồn ở sát mặt đất khi luồng khí thoát ra (H=0), ta có:

$$\chi(x,0,0,0) = \frac{Q}{\pi\bar{u}\sigma_y\sigma_z} \quad (5)$$

b) Phân tán trong khí quyển từ một nguồn dạng vùng

Mô hình chùm Gauss thường là một giải pháp để đánh giá phân tán chất ô nhiễm trong khí quyển của một nguồn điểm, tuy nhiên bài toán đặt ra là đánh giá phát tán của khí radon trong khu vực mỏ, tức là nguồn phát thải có dạng vùng, do đó đòi hỏi yêu cầu cần phải xây dựng một phương trình phân tán phù hợp.

Hiện nay có một số phương pháp ảo điểm đã được sử dụng trong các tính toán để áp dụng mô hình Gauss cho một nguồn dạng vùng và các phương pháp này chỉ cung cấp một xấp xỉ gần đúng các điều kiện. Để mô phỏng chính xác kích thước và hình dạng của một nguồn có diện tích

lớn và nâng cao hiệu quả của các tính toán, phương pháp phần tử hữu hạn được áp dụng vào mô hình. Phương pháp này cho phép chia các nguồn có diện tích lớn thành các hình tam giác, hình chữ nhật hoặc các hình khác tùy ý lựa chọn. Như vậy, các đường biên cong hoặc không đều có thể được mô tả một cách chính xác với một số lượng tối thiểu các điểm lưới. Cơ sở lý luận cho việc áp dụng phương pháp tích hợp phần tử hữu hạn vào tính toán phân tán trong khí quyển của một nguồn dạng vùng được mô tả như sau đây [1-4]:

Tại một vị trí cụ thể cần quan tâm, nồng độ trong không khí của một hạt hoặc chất ô nhiễm từ một nguồn dạng vùng có thể xác định bằng cách tích hợp nồng độ phân tán của các nguồn điểm trên toàn bộ khu vực nguồn:

$$\chi(\vec{r}_p) = \int A\chi_p(\vec{r}_p - \vec{r}_s)dA \quad (6)$$

trong đó: $\chi(\vec{r}_p)$: nồng độ trong không khí tại điểm tiếp nhận $\vec{r}_p$ do nguồn khu vực; A: nguồn phát thải dạng vùng.

$\chi_p(\vec{r}_p - \vec{r}_s)$: nồng độ trong không khí tại điểm tiếp nhận $\vec{r}_p$ do nguồn điểm tại vị trí $\vec{r}_s$.

Tích hợp (6) với nồng độ phát thải từ một nguồn điểm $\left(\frac{\chi}{Q}\right)_p(\vec{r}_p - \vec{r}_s)$, bằng:

$$\chi_p(\vec{r}_p - \vec{r}_s) = Q(\vec{r}_s)\left(\frac{\chi}{Q}\right)_p(\vec{r}_p - \vec{r}_s) \quad (7)$$

trong đó: $Q(\vec{r}_s)$ là độ mạnh của nguồn tại $\vec{r}_s$.

Thay phương trình (7) vào phương trình (6):

$$\chi(\vec{r}_p) = \int AQ(\vec{r}_s)\left(\frac{\chi}{Q}\right)_p(\vec{r})dA \quad (8)$$

trong đó: $\vec{r} = \vec{r}_p - \vec{r}_s$

Phương trình kết hợp 8 có thể biểu diễn bằng cách sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn (Yuan, 1979). Trong phương pháp này, vùng chính (tổng diện tích A của nguồn) được chia thành các vùng phụ cận liền kề nhau. Vùng A phải được chia thành nhiều phần kết nối nhưng nhưng không được chồng lấn hoặc kết hợp a_i(i = 1, 2, ..., n) cho mỗi phần, giả định nguồn có cường độ đồng nhất $Q_i = Q(\vec{r}_i)$. Phương trình 8 có thể được viết như sau:

$$\chi(\vec{r}_p) = \sum_{i=1}^{n}\int a_i Q_i\left(\frac{\chi}{Q}\right)_p(\vec{r})da_i(9)$$

trong đó: $\sum_{i=1}^{n}\int a_i = A$

Khi các nguồn vùng con của nguồn vùng chính đã được tính, nồng độ phát thải được tính toán xấp xỉ thông qua sử dụng đa thức từng khúc với điều kiện thích hợp tiếp nối qua các biên hợp phần:

$$\left(\frac{\chi}{Q}\right)_p(\vec{r}) \approx \sum_{j=1}^{m} h_j(\vec{r})\left(\frac{\chi}{Q}\right)_p(\vec{r}_j)(10)$$

trong đó $h_j(\vec{r})$ là hàm cơ bản với thành phần $(\vec{r}_j)$ là một trong m đỉnh.

Các hệ số chưa biết trong đa thức xấp xỉ, trong trường hợp này $\left(\frac{\chi}{Q}\right)_p(\vec{r})$ là giá trị các nút của biến phụ thuộc và được biết đến như hàm cơ sở.

Thay phương trình (10) vào phương trình (9) ta được:

$$\chi(\vec{r}_p) \approx \sum_{i=1}^{n}\left[\sum_{j=1}^{m}\langle h_j(\vec{r})\rangle\left(\frac{\chi}{Q}\right)_{p,i}\right]Q_i \quad (11)$$

trong đó: $\langle h_j(\vec{r})\rangle = \int_{a_i}^{n} h_j(\vec{r})\,da_i = \iint_{a_i}^{n} h_j(x,y)dxdy$

Như vậy, để tính toán nồng độ chất ô nhiễm lan truyền từ một nguồn dạng vùng, áp dụng theo công thức (11).

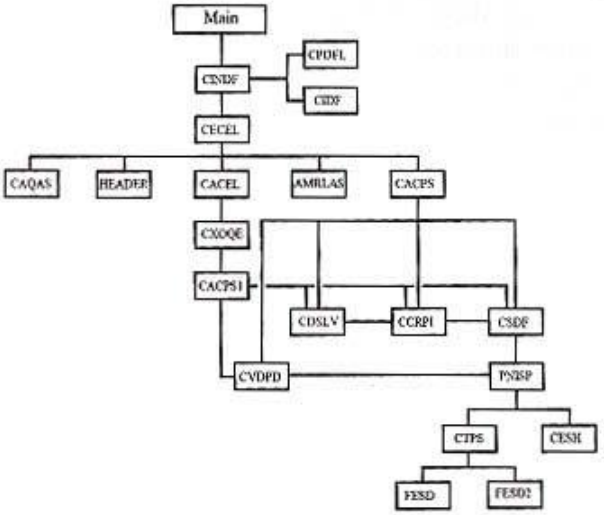
2. Xây dựng chương trình tính toán nồng độ khí phóng xạ radon

Trên cơ sở các lý thuyết tính toán, tác giả đã xây dựng chương trình tính toán nồng độ khí phóng xạ radon.

a) Cấu trúc chương trình

Chương trình tính toán khí phóng xạ RNCAL được viết trên ngôn ngữ Fortran 77, biên dịch bằng GNU

Fortran trên hệ điều hành Linux. Chương trình gồm nhiều chương trình con và chức năng của mỗi chương trình con được mô tả trong Bảng 1 dưới đây. Trong Hình 1 là sơ đồ khối về trình tự và cấu trúc của chương trình.



Hình 1. *Sơ đồ cấu trúc chương trình tính toán phát tán khí radon từ khu vực mỏ*

Bảng 1. **Chức năng của các chương trình con**

TT	Chương trình con	Chức năng
1	CINDF	Tính toán hệ số liều hít thở
2	CPDFL	Tính toán thành phần chất phóng xạ lắng đọng trong phổi
3	CIDF	Tính toán hệ số liều từ con đường hít thở
4	CECEL	Tính toán chuẩn hóa nồng độ không khí đối với từng nguồn
5	CAQAS	Tính toán diện tích của nguồn dạng vùng tứ giác
6	HEADER	In tiêu đề trang kết quả
7	CACEL	Tính toán nồng độ tại các vị trí cần quan tâm gây ra bởi nguồn có diện tích lớn
8	AMRLAS	Tự động chia lưới cho nguồn dạng vùng tứ giác.
9	CACPS	Tính toán chuẩn hóa nồng độ không khí tại các vị trí cần quan tâm gây ra bởi nguồn điểm (hay nguồn điểm ảo)
10	CXOQE	Tính toán chuẩn hóa nồng độ không khí tại mỗi điểm tham chiếu trên lưới tròn
11	CACPS1	Tính toán chuẩn hóa nồng độ không khí (bao gồm cả sự khuấy trộn) đối với mỗi lớp tốc độ gió
12	CVDPD	Tính toán hệ số phân tán theo chiều dọc như hàm của khoảng cách theo hướng gió
13	CDSLV	Tính toán khoảng cách từ nguồn phù hợp với giá trị hạn chế của hệ số phân tán theo chiều dọc
14	CCRPI	Tính toán phân rã của Rn-222 và con cháu
15	CSDF	Tính toán hệ số suy giảm nguồn
16	PNISP	Thực hiện tích phân số cho sự suy giảm nguồn
17	CTPS	Chương trình lấy tích phân số có ích
18	CESH	Tính toán độ cao phát thải hiệu dụng
19	FESD và FESD2	Hàm F1 và F2 để đánh giá sự suy giảm nguồn

b) Các giá trị số liệu đầu vào

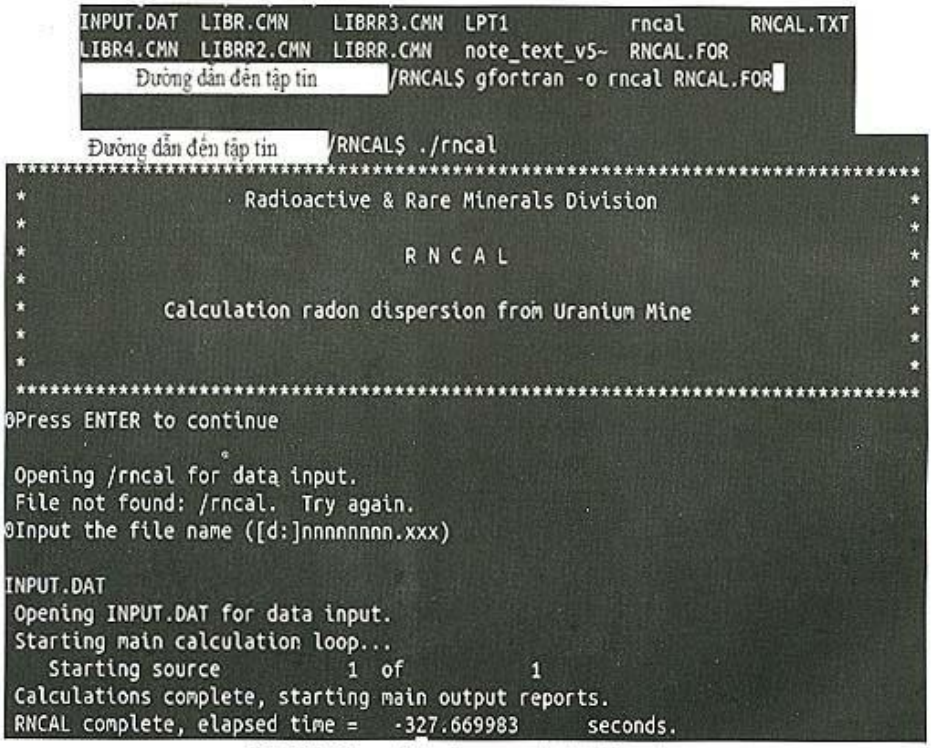
Các tham số đầu vào của chương trình RNCAL được cung cấp thông qua NAMELIST. Có rất nhiều tham số đầu vào trong chương trình RNCAL, nhiều tham số trong đó là các giá trị mặc định cho tính toán và không nên thay đổi, trong Bảng 2 cung cấp các tham số chính mà người dùng cần cung cấp vào tập tin đầu vào khi chạy chương trình tính toán phát tán khí phóng xạ từ một khu vực mỏ có chứa quặng phóng xạ.

Bảng 2. **Phân loại các tham số cần thiết cho tính toán trong RNCAL cung cấp thông qua NAMELIST**

Nhóm dữ liệu	Tham số đầu vào
Số hạng nguồn	NSORCE, SORCE, NWAREA (NEX, NEY, VERTEX)
Khí tượng	FREQ, DMM*, DMA*,
Phân bố dân cư	IPOP
Các điểm tiếp nhận	IADD, XRECEP
Thời gian	NSTEP, TSTART, TSTEP

c) Cài đặt và sử dụng NRCAL

Để sử dụng được chương trình tính toán phát tán khí phóng xạ từ khu vực mỏ NRCAL, người dùng cần phải có bộ chương trình bao gồm một tập tin chứa mã nguồn NRCAL.FOR, các thư viện *.CMN và tập tin chứa dữ liệu đầu vào. Máy tính người dùng nên sử dụng hệ điều hành Linux và cài đặt đầy đủ thư viện để có thể biên dịch Fortran, chẳng hạn như các thư viện GCC và G77 (Hình 2).



Hình 2. *Giao diện chương trình tính toán.*

Sau khi tính toán xong, chương trình thông báo trên màn hình cửa sổ dòng lệnh thời gian hoàn tất và ghi kết quả vào tập tin NRCAL.TXT trong thư mục gốc.

III. ÁP DỤNG CHƯƠNG TRÌNH TÍNH TOÁN SỰ LAN TRUYỀN NỒNG ĐỘ KHÍ PHÓNG XẠ RADON TẠI MỎ ĐẤT HIẾM KHU VỰC NẬM XE, LAI CHÂU NĂM 2015

1. Giới thiệu về mỏ đất hiếm khu vực Nậm Xe

Mỏ đất hiếm khu vực Nậm Xe, Lai Châu gồm có hai mỏ là mỏ Bắc Nậm Xe và Nam Nậm Xe. Đây là vùng núi cao, hiểm trở, sườn núi với độ dốc từ 20-40° bị phân cắt bởi nhiều khe suối có phương ĐB-TN mạng sông suối trong vùng mỏ không nhiều, suối Nậm Xe là suối chính chảy theo hướng đông-tây ở phía đông nam.

Khu vực Nậm Xe nằm có khí hậu khắc nghiệt, sự chênh lệch nhiệt độ giữa ngày và đêm khá lớn (10-15°). Khí hậu thay đổi theo mùa: Mùa mưa từ tháng 5 đến tháng 10 hàng năm, mùa khô từ tháng 11 đến tháng 4 năm sau.

Theo các kết quả thăm dò thăm dò bổ sung mỏ đất hiếm Bắc Nậm Xe có các kiểu quặng như sau [6, 7]:

Quặng gốc: Do quá trình xuyên lấp và thấm đọng của hoạt động nhiệt dịch đã tạo nên đới quặng xâm tán khá rộng có chiều rộng hàng chục đến hàng trăm mét, dài hàng nghìn mét. Hàm lượng U_3O_8 từ 0,0% đến 0,032%, trung bình 0,009%.

Quặng phong hóa: quặng phong hoá mỏ Bắc Nậm Xe phủ trùm lên hầu hết diện tích với bề dày không ổn định được thành tạo do quá trình phong hoá tái làm giàu các hợp phần có ích. Bề dày tầng phong hoá tăng dần từ tây bắc xuống đông nam, từ trung tâm ra 02 cánh nam. Hàm lượng U_3O_8 từ 0,0% đến 0,085%, trung bình 0,017%.

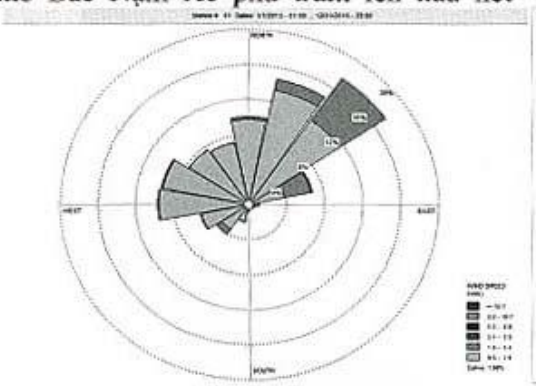
Mỏ đất hiếm Nam Nậm Xe: có trữ lượng Urani 321,4 tấn với hàm lượng 0,0174%.

2. Xây dựng bộ số liệu đầu vào tại khu vực mỏ đất hiếm Nậm Xe

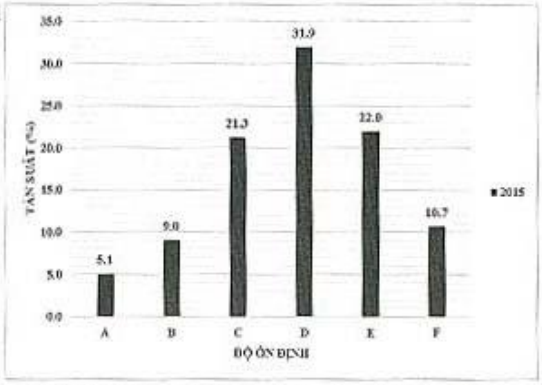
a) Thu thập số liệu khí tượng

Số liệu khí tượng được thu thập trên trung tâm dữ liệu của Cơ quan Quốc gia về quản lý biển và không khí Hoa Kỳ (NOAA). Các dữ liệu này được quan trắc và tính toán dựa trên hàng loạt các máy tính tại Trung tâm Dự báo Thời tiết Quốc gia cho Dự báo Môi trường (NCEP) thuộc NOAA nhằm phân tích và dự báo các dữ liệu khí tượng. Trong năm 2015, các dữ liệu về khí tượng được thu thập 3 giờ một lần. Kết quả thu thập số liệu về khí tượng đã xác định được các cấp độ ổn định khí quyển, các lớp tốc độ gió và hướng gió thổi đi 16 hướng.

Trên cơ sở các số liệu thu thập, tác giả đã tính toán tần suất hướng gió theo các lớp tốc độ gió và độ ổn định khí quyển (Bảng 3).



Hình 3. *Hoa gió (theo hướng thổi đi) năm 2015 tại khu vực Nậm Xe.*

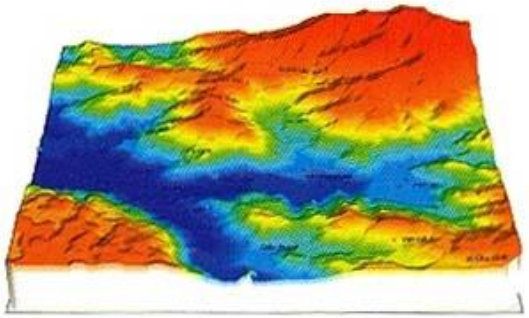


Hình 4. *Phân bố độ ổn định của dữ liệu khí tượng trong năm 2015 tại vị trí mỏ Nậm Xe.*

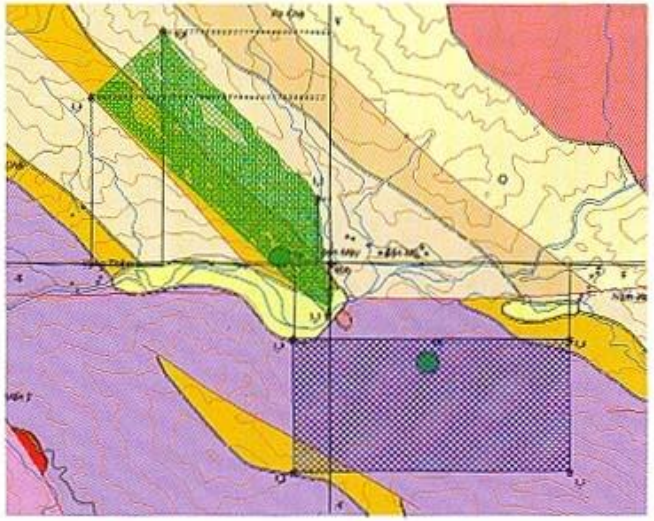
Bảng 3. **Bảng tổng hợp tần suất hướng gió theo các lớp tốc độ gió và độ ổn định khí quyển năm 2015 khu vực Nậm Xe**

Độ ổn định	Lớp gió	Hướng gió															
		N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
A		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00
	2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,07	0,03	0,07	0,34	1,38	0,72	0,03	0,00	0,00	0,00
	3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,58	1,58	0,07	0,00	0,00	0,00
	4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,07	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	2	0,00	0,07	0,14	0,07	0,21	0,28	0,31	0,52	0,55	1,79	3,82	0,65	0,07	0,00	0,00	0,00
	3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,24	0,00	0,00	0,00	0,00
	4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C	1	0,00	0,07	0,07	0,24	0,10	0,21	0,34	0,41	0,45	0,28	0,21	0,10	0,03	0,03	0,00	0,03
	2	0,03	0,24	0,89	0,58	1,03	1,24	1,44	1,69	2,68	3,92	4,06	0,72	0,07	0,07	0,03	0,00
	3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
D	1	0,00	0,31	0,28	0,28	0,38	0,83	1,00	1,03	0,83	1,20	0,83	0,62	0,28	0,17	0,21	0,17
	2	0,34	0,65	1,27	1,89	3,51	2,51	1,10	1,13	1,72	3,75	4,09	1,13	0,24	0,00	0,07	0,10
	3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00
	4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
E	1	0,14	0,24	0,28	0,24	0,48	1,00	0,79	1,34	1,38	1,27	0,93	0,48	0,28	0,28	0,14	0,03
	2	0,03	0,38	0,83	1,10	1,82	1,75	1,13	0,76	1,48	1,62	0,86	0,45	0,10	0,07	0,10	0,10
	3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00

	4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1	0,17	0,14	0,24	0,86	0,83	1,13	0,83	0,55	0,65	0,38	0,21	0,14	0,00	0,10	0,10	0,14
	2	0,03	0,07	0,28	0,28	1,20	1,00	0,45	0,34	0,14	0,21	0,07	0,10	0,00	0,03	0,03	0,03
	3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F	4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	100	0,76	2,17	4,26	5,54	9,63	9,94	7,46	7,87	9,94	14,86	17,19	7,12	1,20	0,76	0,69	0,62



Hình 5. *Sơ đồ địa hình số 3D khu vực Nậm Xe.*



Hình 6. *Minh hoạ xác định toạ độ các đỉnh cho vùng mỏ Bắc và Nam Nậm Xe.*

b) Số liệu địa hình

Trên cơ sở bản đồ địa hình tỷ lệ 1:50.000 [6], tác giả đã thành lập được bản đồ địa hình 3D tại khu vực Nậm Xe, Phong Thổ Lai Châu (Hình 5).

Số liệu địa hình đã được số hóa chi tiết đến từng điểm, phục vụ cho xử lý, tổng hợp các dữ liệu về tọa độ, độ cao của nguồn và các điểm tính toán sự lan truyền của nồng độ khí phóng xạ. Sơ đồ cũng thể hiện các khu vực tập trung dân cư lân cận mỏ đất hiếm Nậm Xe (Hình 6).

c) Dữ liệu về số hạng nguồn

Dựa trên các khảo sát trước đây về diện tích khu vực mỏ đất hiếm Nậm Xe, tác giả chia mỏ thành hai nguồn phát thải khí radon riêng biệt là Bắc Nậm Xe và Nam Nậm Xe và xác định một điểm ở bản Màu làm trung tâm của khu vực và là cơ sở để định nghĩa tọa độ của các nguồn và các điểm cần tính toán cho chương trình như Hình 6 [8].

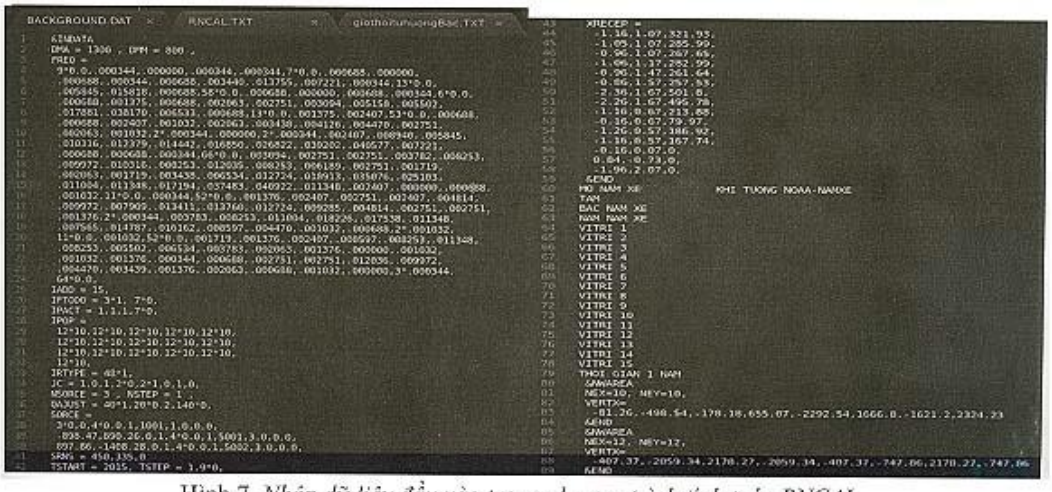
Các dữ liệu đầu vào được nhập vào chương trình thông qua file dữ liệu *.DAT trong chương trình tính toán như Hình 7.

2. Kết quả tính toán sự lan truyền nồng độ khí phóng xạ radon trong năm 2015 tại hu vực Nậm Xe

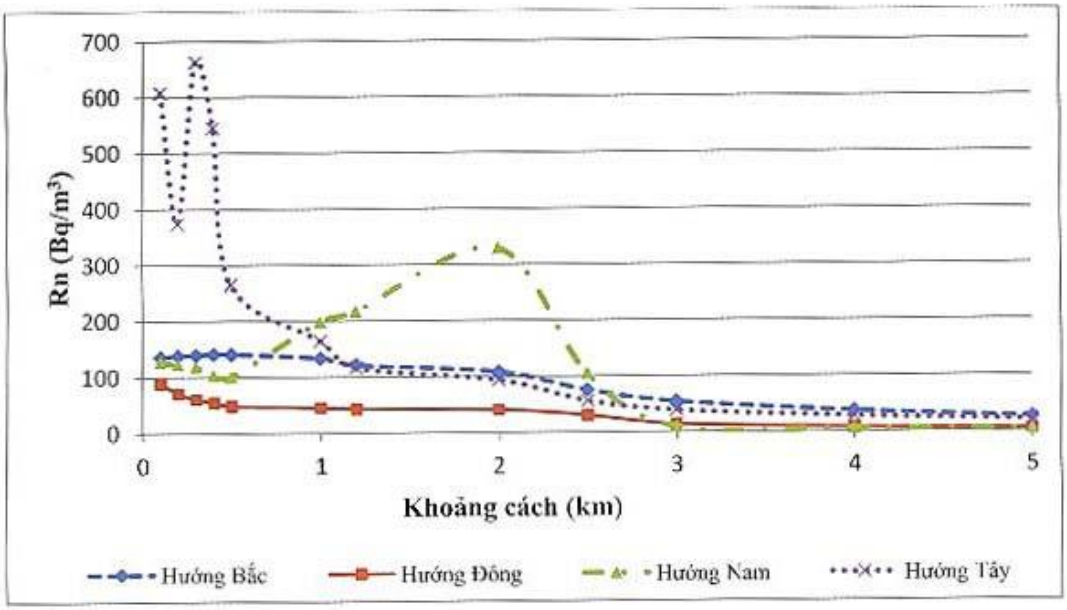
Tại khu vực mỏ phóng xạ Nậm Xe, hướng gió chủ đạo thổi từ hai hướng chính là đông - đông nam và tây nam, tốc độ gió thấp (84% từ 0,3-1,5 m/s) và độ ổn định chủ yếu là trung hòa, như vậy hướng từ hướng tây đến hướng đông bắc theo chiều kim đồng hồ là các hướng chịu ảnh hưởng của gió thổi đến sẽ nhận giá trị nồng độ radon cao hơn các hướng khác. Mặc khác, tốc độ gió thấp và độ ổn định trung hòa khiến cho khả năng phát tán khí radon không được mạnh mẽ, nồng độ khí phóng xạ chủ yếu tập trung xung quanh khu vực mỏ. Kết quả tính toán lan truyền theo các hướng được biểu diễn trên đồ thị Hình 8:

Đối với hướng Bắc, đây là hướng chịu ảnh hưởng của hướng gió và các điểm ở khoảng cách 100-800 m nằm không xa nguồn Bắc Nậm Xe, do đó nồng độ khí radon ở những điểm này sẽ giảm chậm theo khoảng cách, ra xa khoảng 1.000 m, tại đây đã cách xa so với nguồn Bắc Nậm Xe do đó nồng độ radon nhanh chóng sụt giảm và xuống rất thấp ở khoảng cách 2.000 m trở đi.

Đối với hướng Đông, hướng này không chịu ảnh hưởng của hướng gió, các khoảng cách xa dần so với nguồn dẫn đến nồng độ khí radon thấp và suy giảm nhanh chóng khi ra xa dần.



Hình 7. *Nhập dữ liệu đầu vào trong chương trình tính toán RNCAL.*



Hình 8. *Đồ thị lan truyền Radon trong không khí theo các hướng.*

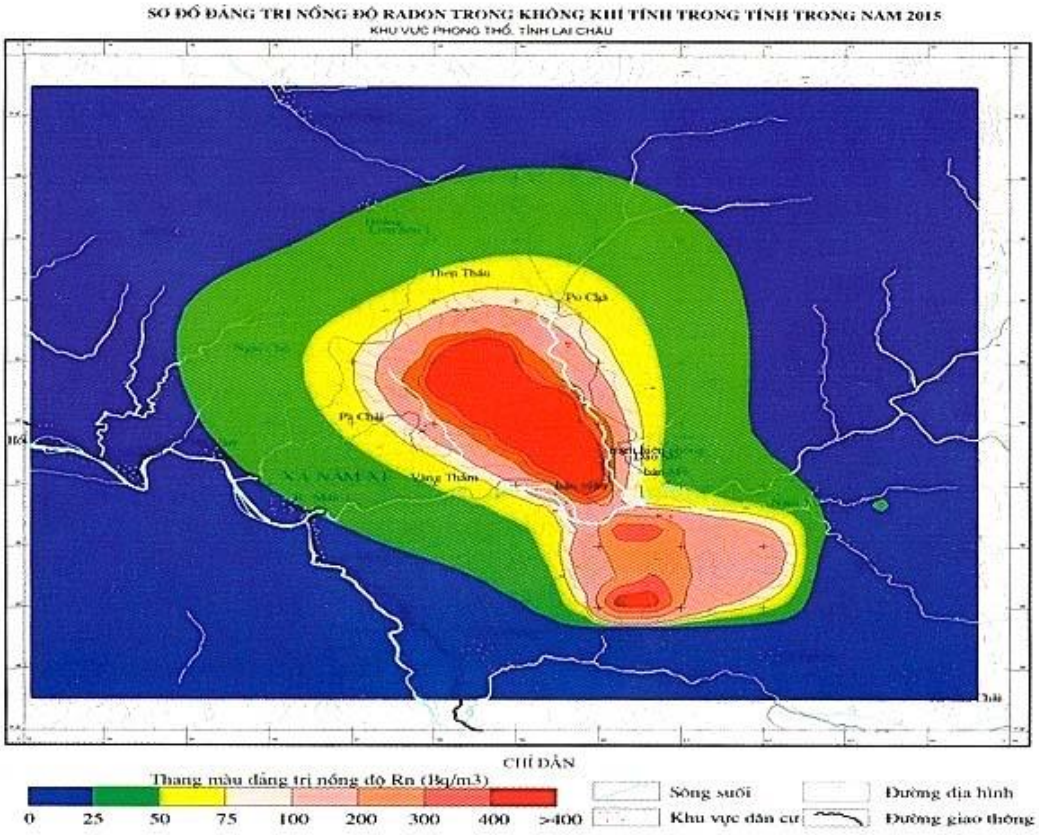
Ở hướng Nam có sự đặc biệt so với các hướng khác, ở 100-300 m đầu tiên gần so với nguồn Bắc Nậm Xe nên nồng độ có xu hướng cao và giảm chậm từ 130 Bq/m^3 xuống 120 Bq/m^3, từ 400-600 m tiếp theo giảm xuống 100 Bq/m^3, tuy nhiên từ 800 m đến 1.200 m nồng độ khí radon lại tăng cao rất nhanh lên đến 330 Bq/m^3 ở khoảng cách 1.200 m, điều này có thể lý giải được khi đối chiếu lại với đặc điểm của nguồn ta thấy từ 100-600 m đầu tiên đi xa dần nguồn Bắc Nậm Xe nhưng lại tiến gần lại nguồn Nam Nậm Xe, từ 800 m đến hơn 1.200 m ở hướng này đi qua nguồn Nam Nậm Xe và khi ra đến 2.000 m thì đã ra khỏi nguồn Nam Nậm Xe và nồng độ nhanh chóng suy giảm.

Đối với hướng Tây, đây là hướng chịu ảnh hưởng của hướng gió và từ 100 m đến 600 m đầu tiên hướng này đi ngang qua khu vực nguồn Bắc Nậm Xe, do đó nồng độ khí radon ở những khoảng cách đầu tiên này tăng rất cao từ 300-600 Bq/m^3 và sau khi ra khỏi nguồn ở khoảng cách 1.000 m trở đi thì nồng độ khí radon cũng nhanh chóng sụt giảm.

Kết quả tính toán sơ bộ mức độ lan truyền khí phóng xạ radon từ các khu vực mỏ đến toàn bộ khu vực nghiên cứu trong năm 2015 với mạng lưới các điểm 400 m x 400 m đã xây dựng được sơ đồ đẳng trị nồng độ radon lan truyền từ khu vực mỏ đến toàn bộ khu vực Nậm Xe và các vùng dân cư lân cận.

Trên sơ đồ đẳng trị (Hình 9) cho thấy, nồng độ radon > 100 Bq/m^3 tập trung ở khu vực mỏ đất hiếm Nậm Xe, bao trùm toàn bộ diện tích khu mỏ. Nồng độ khí phóng xạ cao > 400 Bq/m^3 tập trung chủ yếu tại diện tích khu mỏ đất hiếm Bắc Nậm Xe. Mức độ lan truyền khí phóng xạ radon từ mỏ ra khu vực xung quanh có xu hướng lan truyền xa hơn từ hướng Tây đến hướng đông Bắc theo khu mỏ. theo tài liệu khí tượng thu thập năm 2015, tại khu vực mỏ phóng xạ Nậm Xe, hướng gió chủ đạo thổi từ hai hướng chính là Đông - Đông Nam và Tây Nam, chịu ảnh hưởng của gió là từ hướng Tây đến hướng Bắc. Như vậy, các khu vực dân cư chịu ảnh hưởng nhiều nhất bởi sự lan truyền khí phóng xạ radon trong không khí ngoài các bản lân cận nằm gần

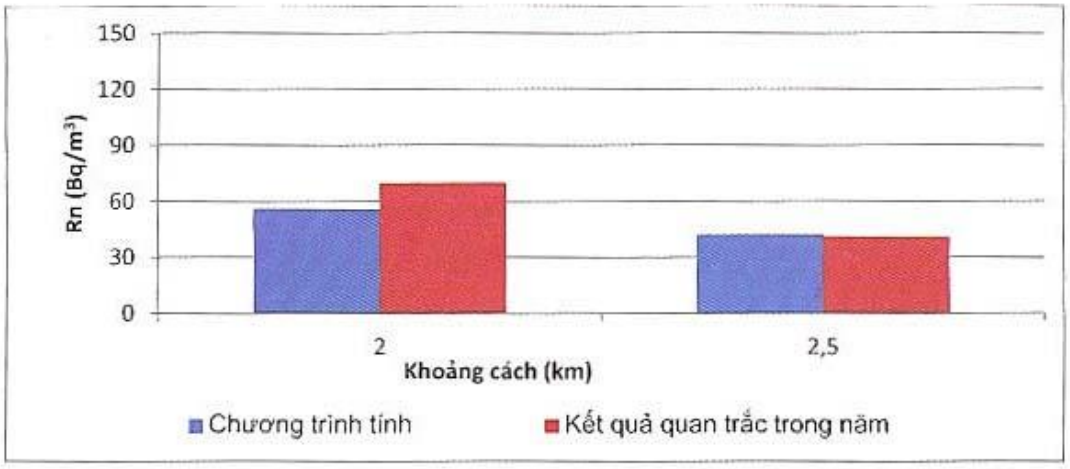
khu vực mỏ như bản Mầu, bản Mỏ, thì các khu vực dân cư ở từ phía Tây đến phía Bắc Đông Bắc như bản Vàng Thẳm, bản Mấn, Pa Chải, Ngòi Chò, Hoàng Liên Sơn 1, Hoàng Liên Sơn 2, Pò Chà cũng chịu tác động của việc lan truyền khí phóng xạ theo các mức độ khác nhau. Đặc biệt các bản ở cách khu vực mỏ khoảng trên dưới 1 km như bản Vàng Thẳm, bản Pa Chải, Thèn Thầu, Pò Chà là những khu vực dễ bị ảnh hưởng của nồng độ khí phóng xạ lan truyền từ khu vực mỏ.



Hình 9. *Sơ đồ đẳng trị nồng độ radon lan truyền trên khu vực mỏ Nậm Xe năm 2015.*

Để kiểm chứng chương trình tính toán, chúng tôi đã thực hiện quan trắc nồng độ khí phóng xạ tại 02 vị trí khu dân cư gần mỏ đất hiếm Nậm Xe, mỗi vị trí được quan trắc 04 lần theo các mùa trong năm với mỗi lần quan trắc 03 ngày đêm liên tục. Vì vậy, số liệu quan trắc được có tính đại diện cao cho khu vực quan trắc. Trên cơ sở các số liệu quan trắc, đã tiến hành thống kê trung bình năm nồng độ radon trong không khí tại mỗi vị trí khảo sát. Các vị trí quan trắc được xác định theo chương trình tính toán nằm ở hướng Tây, có khoảng cách đến tâm nguồn xác định theo chương trình lần lượt là 2 km và 2,5 km [8].

Đối sánh kết quả quan trắc với kết quả tính toán bằng chương trình tại các vị trí trên cho thấy, nồng độ radon tại 02 vị trí có sự tương đồng nhau. Tại vị trí 1 ở khoảng cách 2 km cách tâm nguồn, kết quả chương trình tính toán và quan trắc được chênh gần 14 Bq/m^3, còn tại vị trí 02 ở khoảng cách 2,5 km cách xa tâm nguồn hơn, kết quả chương trình tính toán và quan trắc gần bằng nhau (Hình 10).



Hình 10. *So sánh kết quả tính toán theo chương trình và nồng độ radon trung bình năm tại 2 vị trí quan trắc.*

IV. KẾT LUẬN

Với các điều kiện áp dụng mô hình tính toán sự lan truyền nồng độ radon trong không khí hiện nay ở nước ta cho khu vực mỏ, việc sử dụng mô hình lý thuyết Gauss để giải quyết bài toán lan truyền đối với khu vực mỏ phóng xạ là chấp nhận được, đặc biệt là trong trường hợp tính toán mức độ lan truyền radon từ khu vực mỏ tới khu vực dân cư lân cận (bán kính 0-10 km).

Trên cơ sở các mô hình thuật toán lý thuyết Gauss, tác giả đã xây dựng chương trình tính toán theo ngôn ngữ lập trình Fortran 77, là một ngôn ngữ lập trình rất mạnh trong việc xử lý các thuật toán phức tạp, biên dịch bằng GNU Fortran trên hệ điều hành Linux. Chương trình gồm 19 chương trình con, có chức năng chính là tính toán sự lan truyền khí phóng xạ (dạng nguồn điểm và dạng vùng) và tính toán mức liều đối với dân cư khu vực qua con đường hít thở.

Việc áp dụng bài toán để tính toán sự lan truyền nồng độ khí phóng xạ radon tại mỏ đất hiếm Nậm Xe phù hợp với số liệu thực tế quan trắc tại khu vực này. Tuy nhiên chương trình còn có những hạn chế nhất định trong việc xác định chính xác các số liệu đầu vào như diện tích của khu vực mỏ, tốc độ phát thải trung bình cho mỗi mỏ. Các số liệu này được tác giả thu thập trên cơ sở các tài liệu điều tra trong khu vực, có tính đến yếu tố kinh nghiệm. Để chương trình tính toán chính xác hơn, tại mỗi khu vực cần nghiên cứu cần phải có những nghiên cứu cụ thể đối với các thông số này.

VĂN LIỆU

1. IAEA, 1982. Safety series No. 57, Generic models and parameters for assessing the environmental transfer of radionuclides from rountine releases, Vienna, 1982.

2. IAEA-TECDOC-379. Atmospheric dispersion models for application in relation to radionuclidereleases,Vienna, 1986.

3. IAEA, 2001. Safety Reports Series No.19, Generic models for use in assessing the impactof discharges of radioactive substances to the environment, Vienna.

4. John E. Till, H. Robert Meyer, 1983. Radiological Assessment: A Textbook on Environmental Dose Analysis. NUREG/CR-3332 ORNL-5968.

5. Đinh Xuân Thắng, 2007. Giáo trình "Ô nhiễm không khí". *Nxb Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh.*

6. Trần Bình Trọng và nnk, 2002. Báo cáo "Điều tra hiện trạng môi trường phóng xạ, khả năng ảnh hưởng và biện pháp khắc phục trên một số mỏ phóng xạ, mỏ có chứa phóng xạ ở Lai Châu, Cao Bằng, Quảng Nam" tỷ lệ 1:25.000. *Lưu trữ Địa chất. Hà Nội.*

7. Lê Khánh Phồn, Nguyễn Văn Nam, nnk, 2008. Nghiên cứu khảo sát đánh giá hiện trạng bức xạ tự nhiên và xây dựng cơ sở dữ liệu về môi trường phóng xạ trên địa bàn thị xã Lai Châu, huyện Tam Đường và huyện Phong Thổ". *Đề tài Khoa học cấp tỉnh, Sở KHCN tỉnh Lai Châu.*

8. Nguyễn Thái Sơn và nnk, 2016. Báo cáo định kỳ "Quan trắc thường xuyên môi trường phóng xạ các mỏ khoáng sản". *Lưu trữ Liên đoàn Địa chất Xạ-Hiếm.*

SUMMARY

Studying and developing programs to calculate spread of Radon radioactive gas at mine areas. A case study in the Nậm Xe - Lai Châu rare earth mine

Nguyễn Thái Sơn

This paper presents the research methods theoretical model and building program to calculated the spread radioactive gas radon from the mining areas to the neighboring residential area. Based on theoretical modeling algorithm, the authors have used the Gaussian model to calculate the spread of radon concentration for the areas source format. From the theory of Gaussian models, the author has developed the program calculates the spread of radioactive gas radon taking into factors affect the spread and apply the program to calculates the radioactive emissions radon in rare earth mining areas Nậm Xe - Lai Châu, 2015. The calculated data matches the documents had collected in this area.