

NGHIÊN CỨU SỰ GIA TĂNG TRƯỜNG BỨC XẠ TỰ NHIÊN DO CÁC HOẠT ĐỘNG THĂM DÒ QUẶNG ĐẤT HIẾM VÙNG TỰ KHOÁNG ĐÔNG PAO VÀ NẬM XE, LAI CHÂU

NGUYỄN PHƯƠNG¹, NGUYỄN VĂN DŨNG¹, LÊ KHÁNH PHỒN¹,
NGUYỄN PHƯƠNG ĐÔNG¹, VŨ THỊ LAN ANH¹,
TRỊNH ĐÌNH HUẤN², TRẦN LÊ CHÂU², ĐẶNG VĂN HẢI²

¹ Trường Đại học Mỏ - Địa chất, ² Liên đoàn Địa chất Xạ - Hiếm

Tóm tắt: Bài báo giới thiệu một số kết quả nghiên cứu sự gia tăng cường độ và hàm lượng các chất phóng xạ liên quan các hoạt động thăm dò quặng đất hiếm chứa phóng xạ tại các vùng Đông Pao và Nậm Xe, tỉnh Lai Châu; đồng thời đề xuất các kiến nghị phòng ngừa, giảm nhẹ ảnh hưởng tác hại ô nhiễm phóng xạ đối với cán bộ, công nhân tham gia sản xuất và đối với khu vực dân cư lân cận.

I. MỞ ĐẦU

Tại Kỳ họp thứ 8, Quốc hội khóa XII đã thông qua Nghị quyết số 41/2009/QH12 ngày 25 tháng 11 năm 2009 về chủ trương đầu tư dự án điện hạt nhân Ninh Thuận.

Để thực hiện Nghị quyết số 41/2009/QH12, trong những năm gần đây, các nhiệm vụ điều tra khảo sát, tìm kiếm, thăm dò khoáng sản chứa phóng xạ như: urani, thori, apatit, fluorit, đất hiếm,... được phát triển mạnh mẽ trên phạm vi toàn quốc. Tại tỉnh Lai Châu, các tự khoáng đất hiếm chứa phóng xạ Đông Pao và Nậm Xe đã được điều tra, thăm dò và trong thời gian tới sẽ đưa vào khai thác, tuyển quặng với quy mô công nghiệp.

Các mỏ quặng phóng xạ và các mỏ khoáng sản có hàm lượng phóng xạ đã gây ra các dị thường phóng xạ tới hàng nghìn $\mu\text{R/h}$, nồng độ khí phóng xạ hàng trăm, hàng nghìn Bq/m^3 . Khi thăm dò, khai thác, người ta tiến hành khoan, đào hào, lò, mở các khai trường v.v., làm cho đất phủ thảm thực vật bị bóc tách, quặng bị đào bới, thu gom, làm giàu. Tất cả những hoạt động đó làm gia tăng trường bức xạ tự nhiên (làm tăng cường độ bức xạ gamma, nồng độ khí phóng xạ,...) tại mỏ và làm gia tăng sự phát tán hàm lượng các chất phóng xạ ra môi trường xung quanh gây tác động có hại tới môi trường và sức khỏe con người.

II. KHÁI QUÁT TÌNH HÌNH THĂM DÒ QUẶNG ĐẤT HIẾM CHỨA CHẤT PHÓNG XẠ VÙNG ĐÔNG PAO VÀ NẬM XE

Từ năm 1980 đến nay, hàng loạt các mỏ, điểm và biểu hiện quặng chứa phóng xạ được phát hiện, tìm kiếm đánh giá và thăm dò sơ bộ [1].

Từ năm 2009 đến nay, các tự khoáng đất hiếm Đông Pao, Nậm Xe đã và đang được thăm dò, chuẩn bị đưa vào khai thác.

- Tự khoáng Nậm Xe thuộc nhóm đất hiếm nhẹ có 2 kiểu quặng: quặng phong hóa có hàm lượng từ $4 \div 5\%$ TR_2O_3 và quặng gốc có hàm lượng $1,4\%$ TR_2O_3 . Khoáng vật quặng gồm bastnaesit, parisit, ít magnetit, uranopyrochlor, pyrit, galenit, apatit, barit và fluorit. Kết quả nghiên cứu đã phân chia 4 loại quặng: barit - carbonat giàu đất hiếm; đất hiếm - niobi - tantal – uraninit; đất hiếm nghèo; đất hiếm eluvi, deluvi trong vỏ phong hóa.

- Tụ khoáng đất hiếm Đông Pao thuộc nhóm fluorcarbonit với thành phần khoáng vật chủ yếu là bastnaesit, parisit, barit và fluorit. Theo tỷ lệ các khoáng vật chia ra các loại quặng: đất hiếm $TR_2O_3 > 5 \%$; đất hiếm - barit chứa $TR_2O_3 0,5 \div 30\%$; đất hiếm - barit - flourit với hàm lượng $TR_2O_3 0,5-30\%$ và đất hiếm chứa flourit với hàm lượng TR_2O_3 từ $1,0 \div 5,0\%$.

Công tác thăm dò mỏ với việc thực hiện các công trình khai đào hào, giếng, vĩa lộ, khoan, lấy mẫu phân tích làm cho đất phủ bị bóc tách, quặng bị đào bới thu gom, vận chuyển, gia công phân tích, làm cho các thân quặng bị phát lộ, tăng khả năng phát tán các chất độc hại và các chất phóng xạ vào môi trường xung quanh [3].

III. NGHIÊN CỨU SỰ GIA TĂNG TRƯỜNG BỨC XẠ TỰ NHIÊN DO CÁC HOẠT ĐỘNG THĂM DÒ QUẶNG ĐẤT HIẾM CHỨA PHÓNG XẠ

Các tiêu chuẩn an toàn bức xạ của Quốc tế và của Việt Nam [3, 4], quy định về mức liều giới hạn cho công chúng gây bởi các hoạt động của các công việc bức xạ. Trong đó chỉ rõ các hoạt động của các công việc bức xạ trong đó có các hoạt động thăm dò, khai thác quặng phóng xạ không được phép làm tăng phong bức xạ của môi trường xung quanh quá 1 mSv/năm .

Dưới đây là kết quả nghiên cứu về sự gia tăng trường bức xạ tự nhiên do hoạt động thăm dò các tụ khoáng đất hiếm Đông Pao và Nậm Xe.

1. Vùng tụ khoáng đất hiếm Đông Pao

Vùng tụ khoáng đất hiếm Đông Pao [7] đã được thăm dò trên diện tích $10,871 \text{ km}^2$ thuộc địa phận hai xã Bản Hòn và Bản Giang. Trong phạm vi thăm dò đã phát hiện và khoanh định được 15 thân quặng, mạch quặng, trong đó có 7 thân quặng lớn là F₃, F₇, F₉, F₁₀, F₁₄, F₁₆, F₁₇. Các thân quặng của tụ khoáng đất hiếm Đông Pao có chứa các chất phóng xạ với hàm lượng ThO₂ từ $0,010 \div 0,030 \%$; U₃O₈ từ $0,006 \div 0,010 \%$.

Do đất hiếm Đông Pao có chứa các chất phóng xạ nên khi thăm dò, do tác động của các công tác khoan, khai đào hào, vĩa lộ dọn sạch,... đã làm tăng cường độ bức xạ gamma, nồng độ khí phóng xạ.

Kết quả phân tích được chỉ ra trên Hình 1.

Từ hình 1 thấy rõ do các hoạt động thăm dò mỏ, đã làm tăng suất liều bức xạ gamma lên giá trị trung bình là $0,1 \mu\text{Sv/h}$, tăng nồng độ radon trong không khí lên giá trị trung bình là 20 Bq/m^3 . Như vậy, hoạt động thăm dò đã làm tăng liều tương đương bức xạ như sau:

- Liều chiếu ngoài:

$$H_n = 8760 \text{ h} \times 0,1 \mu\text{Sv/h} = 0,876 \text{ mSv/năm} \quad (1)$$

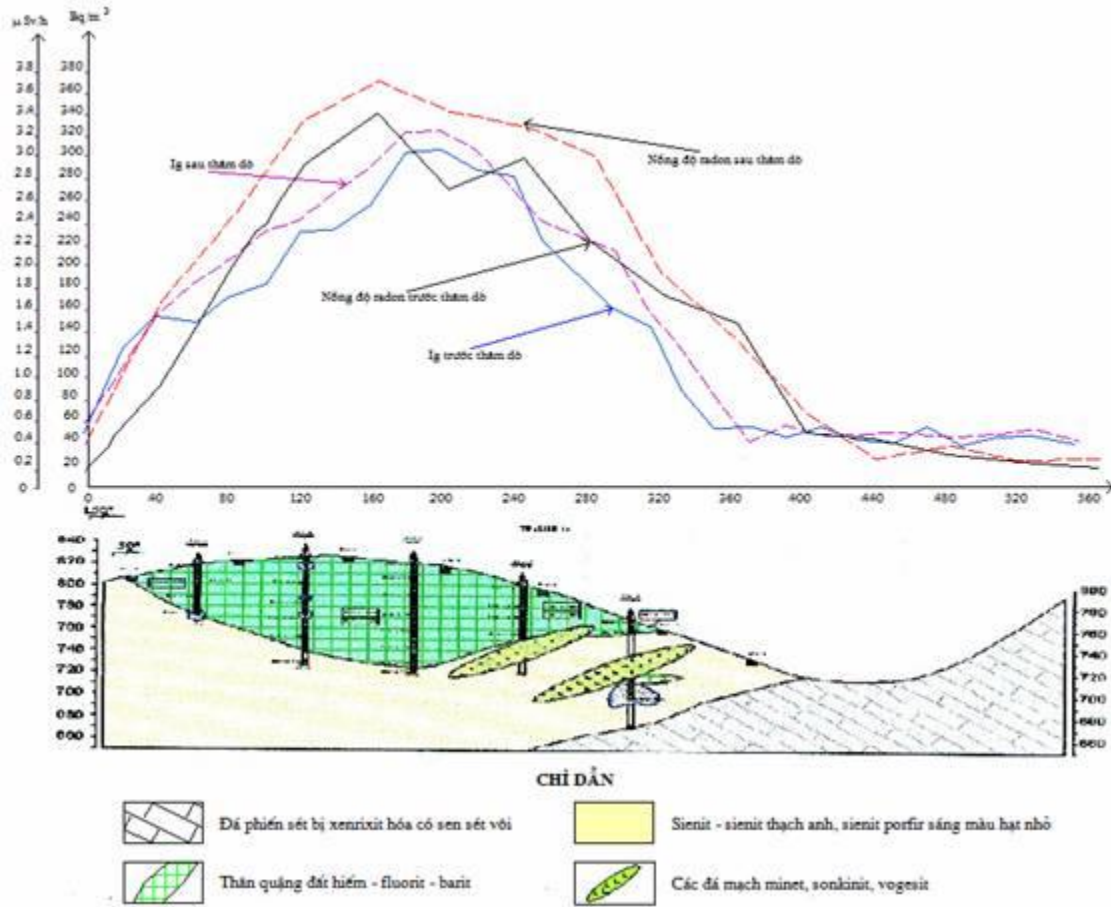
- Liều chiếu trong qua đường hô hấp

$$H_p = 20 (\text{Bq/m}^3) \times 0,6 \times 365 (\text{ngày}) \times 24 \text{ h} \times 9 \text{ mSv}(\text{Bq/m}^3 \cdot \text{h}) = 0,95 \text{ mSv/năm} \quad (2)$$

- Tổng liều tương đương bức xạ

$$H_\Sigma = H_n + H_p = 0,867 + 0,95 = 1,826 \text{ mSv/năm} \quad (3)$$

Chỉ riêng hai thành phần liều chiếu ngoài bức xạ gamma và liều chiếu trong do Rn xâm nhập qua đường hô hấp đã gây ra sự gia tăng tổng liều tương đương bức xạ $1,826 \text{ mSv/năm}$, gần gấp 2 lần mức liều chiếu xạ giới hạn cho phép đối với dân chúng theo tiêu chuẩn của IAEA [3].



Hình 1. Sự thay đổi suất liều gamma (I_γ) và nồng độ khí phóng xạ (N_{Rn}) trên mặt cắt tuyến B15 khu mỏ đất hiếm Đông Pao

2. Vùng tụ khoáng đất hiếm Nậm Xe

Vùng Nậm Xe [2, 6, 8] gồm 2 tụ khoáng đất hiếm là Bắc Nậm Xe và Nam Nậm Xe:

- Tụ khoáng đất hiếm Bắc Nậm Xe: gồm 2 loại quặng là quặng gốc và quặng phong hoá

+ Quặng gốc: được thành tạo theo 2 kiểu: nhiệt dịch lấp đầy và biến chất trao đổi. Do vậy, quặng có dạng mạch, gân mạch, thấu kính, ổ và xâm tán.

Quặng dạng mạch, gân mạch (kiểu nhiệt dịch lấp đầy) có hàm lượng chủ yếu từ $3,09 \div 7,04 \%$ TR_2O_3 cao hơn quặng dạng xâm tán (biến chất trao đổi) có hàm lượng chủ yếu từ $0,53 \div 2,25 \%$ TR_2O_3 . Trong quặng gốc có chứa các chất phóng xạ với hàm lượng cao, hàm lượng urani từ $0,01 \div 0,04 \%$ U_3O_8 , hàm lượng thori từ $0,012 \div 0,06 \%$ ThO_2 .

+ Quặng phong hóa: tầng phong hoá tụ khoáng Bắc Nậm Xe khá dày, dao động từ trên dưới $10 \div 90,6$ m, phổ biến trong khoảng $20 \div 40$ m. Bề dày tầng phong hoá tăng dần từ Tây Bắc xuống Đông Nam và có sự biến đổi đột ngột. Nhìn chung tầng phong hoá không tăng giảm từ từ mà có sự biến đổi đột biến, sự biến đổi này phụ thuộc vào nhiều yếu tố, trong đó hệ thống đứt gãy đóng vai trò quan trọng, ở những khu vực bị cắt đứt thì tầng phong hoá thường có chiều dày lớn. Hàm lượng đất hiếm ở tầng quặng phong hoá trung bình đạt $4,0 \%$ TR_2O_3 .

Quặng phong hoá có chứa một lượng chất phóng xạ với hàm lượng cao, hàm lượng urani từ $0,02 \div 0,05$ % U_3O_8 , hàm lượng thori từ $0,03 \div 0,055$ % ThO_2 .

- Tụ khoáng đất hiếm Nam Nậm Xe: đã phát hiện hơn 60 mạch quặng có chiều dày từ $20 \div 30$ cm đến $2 \div 3$ m. Các mạch quặng cắm thoải, gần song song nhau, phương vị đường phương tây bắc ($310 \div 330^\circ$), cắm tây nam, độ dốc từ $15 \div 25^\circ$ hiếm khi đến $30 \div 40^\circ$. Phần lớn các mạch mới chỉ được phát hiện bởi các điểm lộ dọc theo suối và đường mòn. Trên toàn vùng mỏ mới chỉ có 5 thân quặng (1, 2, 3, 4 và 4a) được khống chế bởi các công trình hào, vỉa lộ và 5 giếng có độ sâu từ $3 \div 16$ m. Trong quặng đất hiếm Nậm Xe có chứa các chất phóng xạ với hàm lượng cao; hàm lượng urani: $0,1 \div 1$ % U_3O_8 , hàm lượng thori: $0,01 \div 0,063$ % ThO_2 .

Nhiệm vụ khảo sát môi trường phóng xạ vùng quặng đất hiếm Nậm Xe được thực hiện với khối lượng đo suất liều bức xạ gamma 4.000 điểm, đo nồng độ radon trong không khí 300 điểm, đo phổ gamma 200 điểm lấy và phân tích hàm lượng các chất phóng xạ trong 50 mẫu các loại (15 mẫu đất đá, quặng; 20 mẫu nước; 15 mẫu lương thực, thực phẩm). Kết quả đã thành lập được các sơ đồ đẳng suất liều gamma; sơ đồ đẳng nồng độ radon trong không khí; sơ đồ đẳng hàm lượng các nguyên tố phóng xạ; sơ đồ liều tương đương bức xạ trung bình hàng năm và sơ đồ phân chia diện tích ô nhiễm phóng xạ vùng quặng đất hiếm Nậm Xe.

Từ Hình 2 có thể thấy vùng quặng đất hiếm Nậm Xe chia ra các diện tích có mức độ ô nhiễm phóng xạ khác nhau.

- Diện tích có $H_\Sigma > 4$ mSv/năm chiếm hơn một nửa diện tích nằm ở trung tâm bao gồm toàn bộ khu Bắc và Nam tụ khoáng Nậm Xe, các bản Màu, bản Mỏ, bản Vàng Thắm, đồn Biên Phòng. Giá trị tổng liều $H_\Sigma > 4$ mSv/năm vượt mức phong bức xạ tự nhiên của vùng Phong Thổ, Tam Đường $H_\Phi \sim 3$ mSv/năm và lớn hơn 1 mSv/năm. Hiện tại tụ khoáng đất hiếm Nậm Xe đang được tiến hành công tác thăm dò địa chất. Hoạt động thăm dò địa chất trong đó có các công tác khai đào như hào, giếng, vỉa lộ, khoan, đã làm gia tăng sự phát tán các chất phóng xạ ra môi trường xung quanh và làm gia tăng liều chiếu xạ. Hoạt động thăm dò địa chất đối với các mỏ quặng chứa chất phóng xạ có thể coi là một trong các hoạt động bức xạ. Theo khuyến cáo của Ủy ban Quốc tế về an toàn bức xạ (ICRP) và theo các tiêu chuẩn an toàn phóng xạ của Quốc tế và của Việt Nam kết luận hoạt động bức xạ nào làm gia tăng tổng liều chiếu xạ đối với khu vực dân cư 1 mSv/năm vượt quá mức phong bức xạ tự nhiên đều cần phải có các biện pháp can thiệp để giảm thiểu mức chiếu xạ để tránh những ảnh hưởng có hại tới sức khỏe người dân.

- Diện tích có $H_\Sigma > 10$ mSv/năm phủ trên toàn bộ các khu Bắc và Nam Nậm Xe. Trong đó Bản Màu, Bản Mỏ, một phần của bản Vàng Thắm, chiếm diện tích > 2 km². Theo khuyến cáo của ICRP giá trị tổng liều hàng năm 10 mSv/năm được coi là mức khuyến cáo để bắt đầu xem xét các hành động can thiệp. Như đã nói ở trên tụ khoáng đất hiếm Nậm Xe đang được tiến hành thăm dò địa chất tức là đã có công việc bức xạ làm gia tăng mức liều chiếu xạ đối với người lao động và khu vực dân cư sinh sống lân cận. Bởi vậy diện tích ô nhiễm phóng xạ với $H_\Sigma > 10$ mSv/năm bắt buộc phải có sự can thiệp nhằm giảm thiểu mức chiếu xạ tránh ảnh hưởng có hại tới môi trường và sức khỏe nhân dân và cán bộ kỹ thuật tham gia thực hiện đề án thăm dò.

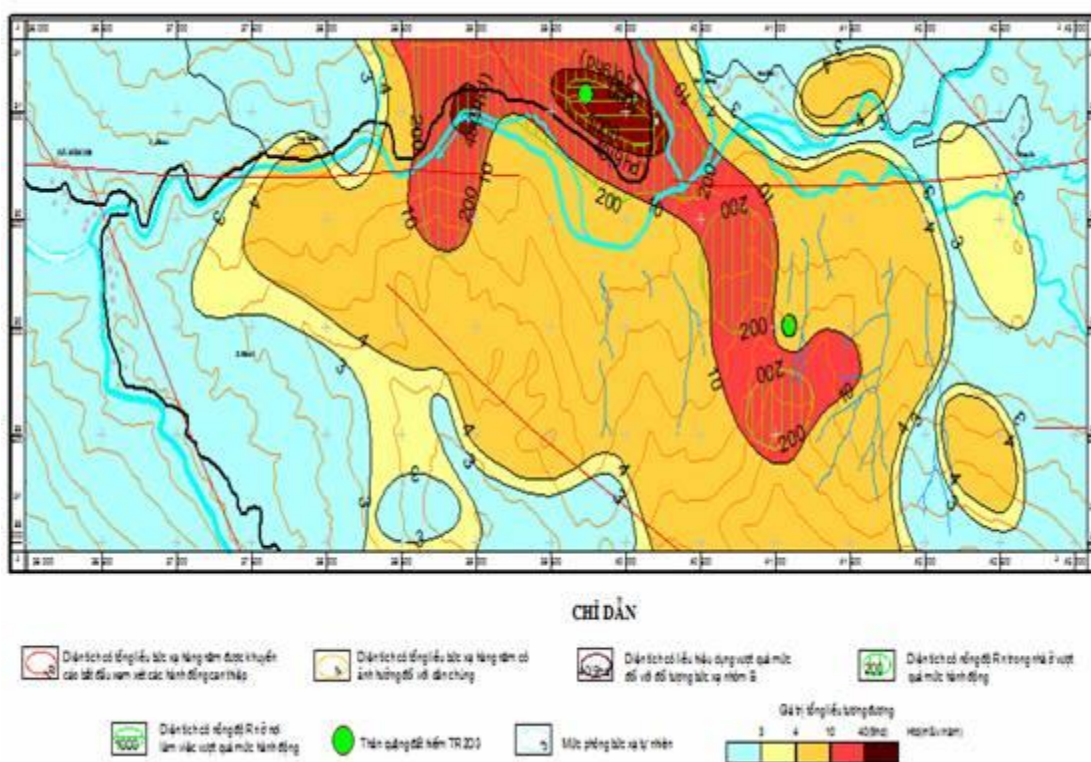
- Diện tích có $H_\Sigma > 40$ mSv/năm nằm ở trung tâm mỏ Bắc Nậm Xe, lân cận phía Tây bản Màu. Trên diện tích $H_\Sigma > 40$ mSv/năm hiện tại không có dân sinh sống nhưng đang có công nhân làm công tác thăm dò địa chất. Tính trung bình người công nhân phải làm việc 2000 giờ/năm thì họ phải chịu tổng liều hiệu dụng $E_{hd} > 9$ mSv/năm. ($E_{hd} - H_\Phi = 9 - 3 = 6$ mSv/năm) vượt quá tiêu chuẩn an toàn cho phép đối với cán bộ công nhân tham gia sản xuất thuộc đối tượng bức xạ nhóm

B. Chủ đầu tư cần có các biện pháp giảm liều, đảm bảo sức khỏe cho cán bộ, công nhân tham gia thăm dò địa chất trên diện tích có $H_{\Sigma} > 40$ mSv/năm ($E_{hd} > 9$ mSv/năm).

- Diện tích có nồng độ radon (R_n) trong không khí $N_{R_n} > 200$ Bq/m³ nằm trùng và chiếm tới 90 % diện tích dị thường tổng liều $H_{\Sigma} > 10$ mSv/năm. Theo tiêu chuẩn an toàn Quốc tế cơ bản “Bảo vệ bức xạ ion hóa và an toàn đối với nguồn bức xạ” của IAEA (1996), nồng độ R_n trong không khí ≥ 200 Bq/m³ là mức hành động đối với nồng độ R_n trong nhà ở. Diện tích này có dân của các bản Mầu, bản Mỏ sinh sống, cần có ngay các biện pháp giảm thiểu sự chiếu xạ do R_n để bảo vệ sức khỏe nhân dân.

- Diện tích có nồng độ radon (R_n) trong không khí $N_{R_n} > 1.000$ Bq/m³ nằm trùng với diện tích có $H_{\Sigma} > 40$ mSv/năm ($E_{hd} > 9$ mSv/năm) đã nói ở trên. Theo IAEA nồng độ R_n trong không khí 1.000Bq/m³ là mức hành động đối với nồng độ R_n tại nơi làm việc. Chủ đầu tư cần có các giải pháp giảm thiểu tác hại chiếu xạ của R_n đối với cán bộ, công nhân thăm dò địa chất trên diện tích có $N_{R_n} \geq 1.000$ Bq/m³.

Tình hình sẽ trở nên nghiêm trọng hơn nếu các hoạt động thăm dò vùng quặng này gây ra sự phát tán bụi chứa chất phóng xạ và gây ra sự phát tán các chất phóng xạ vào các nguồn nước sinh hoạt của dân chúng trong vùng.



Hình 2. Sơ đồ phân chia diện tích ô nhiễm phóng xạ vùng tụ khoáng đất hiếm Nậm Xe, Lai Châu

IV. CÁC GIẢI PHÁP GIẢM THIỂU ẢNH HƯỞNG CỦA PHÓNG XẠ TRONG VÙNG NGHIÊN CỨU

Tại tụ khoáng đất hiếm Đông Pao các hoạt động thăm dò đã làm tăng tổng liều tương đương bức xạ ($H-H_{\square\Phi} = 1,826$ mSv/năm) gần gấp 2 lần mức liều chiếu xạ cho phép đối với dân chúng.

Tại vùng tụ khoáng đất hiếm Nậm Xe thấy rõ bức tranh ô nhiễm phóng xạ liên quan chặt chẽ với hoạt động điều tra, thăm dò đánh giá trữ lượng và tiến tới khai thác. Do đó cần có giải pháp

phòng tránh, giảm nhẹ thiệt hại từ ô nhiễm phóng xạ đối với cán bộ, công nhân và đồng bào các dân tộc trong vùng. Cụ thể như sau:

- Không để cho cán bộ, công nhân và nhân dân làm nhà sinh sống trên phạm vi diện tích ô nhiễm phóng xạ có $H_{\Sigma} > 4$ mSv/năm. Dân chỉ được phép canh tác hoặc các hoạt động nghề nghiệp khác trên phần của các diện tích có liều tương đương bức xạ dưới 3 mSv/năm.

- Công nhân tham gia đào hào, vĩa, giếng, khoan, lấy mẫu trên diện tích ô nhiễm phóng xạ phải giảm giờ làm, có các trang bị phòng hộ như khẩu trang, găng tay, kính bảo hộ, định kỳ kiểm tra sức khỏe.

- Khuyến cáo cho nhân dân không được dùng đất, đá, cát sỏi xây tường, đổ nền để ở tại các diện tích ô nhiễm phóng xạ, chỉ được sử dụng cho những khu vực ít người qua lại (kè, cầu,...).

- Tại các khu diện tích ô nhiễm phóng xạ có nồng độ radon vượt quá tiêu chuẩn cho phép $\geq 200\text{Bq/m}^3$, phải có các biện pháp làm giảm ngay nồng độ radon bằng cách dùng quạt hút thông gió (đối với nhà dân và tại các lò, hào, nhà chứa mẫu) và phải giảm giờ làm cho cán bộ, công nhân và nhân dân khi làm việc trong các khu vực có nồng độ radon $\geq 200\text{Bq/m}^3$.

- Không cho phép phụ nữ có thai, phụ nữ đang thời kỳ cho con bú làm việc tại các diện tích ô nhiễm phóng xạ kể trên. Không cho trẻ em học tập, vui chơi tại các diện tích có ô nhiễm phóng xạ.

V. KẾT LUẬN

1/Hoạt động thăm dò đã làm sự gia tăng trường bức xạ tự nhiên của các vùng thăm dò quặng đất hiếm chứa phóng xạ tại các tụ khoáng Đông Pao và Nậm Xe, Lai Châu.

- Tại tụ khoáng đất hiếm Đông Pao các hoạt động thăm dò đã làm tăng suất liều bức xạ gamma trung bình 0,1 $\mu\text{Sv/h}$, tăng nồng độ radon trung bình trong không khí 20 Bq/m^3 , gây ra sự gia tăng tổng liều tương đương bức xạ 1,826 mSv/năm, gần gấp 2 lần mức giới hạn cho phép đối với dân chúng.

- Tại vùng tụ khoáng đất hiếm Nậm Xe, các hoạt động điều tra khảo sát, thăm dò đã làm gia tăng cường độ bức xạ gamma, nồng độ khí phóng xạ và gây ra sự phát tán chất phóng xạ vào môi trường xung quanh. Tại khu thăm dò giá trị tổng liều tương đương đạt tới giá trị $H-H_{\Phi} > 4\text{mSv/năm}$, gấp 4 lần giá trị của liều giới hạn đối với dân chúng và nồng độ Rn trong không khí vượt tiêu chuẩn an toàn cho phép $N_{Rn} > 200\text{Bq/m}^3$.

2/ Cần thiết phải thực hiện các biện pháp phòng ngừa, giảm nhẹ ảnh hưởng tác hại của ô nhiễm phóng xạ đối với cán bộ, công nhân tham gia công tác thăm dò và đối với dân cư khu vực lân cận.

VĂN LIỆU

1. **Bộ Công thương, 2011.** “Quy hoạch chi tiết thăm dò, khai thác, chế biến và sử dụng quặng phóng xạ giai đoạn đến 2020, có xét đến năm 2030”. Hà Nội.

2. **Ia. Vlasov, Iu. D. Efremov, Cao Sơn, 1961.** Báo cáo kết quả công tác tìm kiếm - thăm dò mỏ đất hiếm Nậm Xe. (Bản dịch). Lưu trữ Liên đoàn Địa chất Xạ-Hiếm. Hà Nội.

3. International basic safety standards for protection against ionizing radiation and for the safety of radiation sources 1996. IAEA, Vienna.

4. **Nghị định Chính phủ, 1998.** “Quy định chi tiết việc thi hành pháp lệnh an toàn và kiểm soát bức xạ”, số 50/1998/NĐ-CP.

5. **Nguyễn Hào Quang, 2009.** “Khía cạnh pháp lý quản lý phóng xạ tự nhiên trên thế giới và ở Việt nam”. Lai Châu.

6. **Nguyễn Ngọc Anh, 1983.** Báo cáo thăm dò mỏ đất hiếm - phóng xạ Bắc Nậm Xe - Lai Châu. Lưu trữ Liên đoàn Địa chất Xạ-Hiếm.

7. Nguyễn Tiến Dư và nnk, 2011. “Báo cáo kết quả thăm dò bổ sung mỏ đất hiếm – fluorit - barit Đông Pao thuộc xã Bản Hòn, xã Bản Giang, huyện Tam Đường, tỉnh Lai Châu”, Liên đoàn Địa chất Xạ-Hiếm. Lưu trữ Công ty cổ phần Đất hiếm Lai Châu – VIMICO.

8. Nguyễn Văn Hạnh và nnk, 1984. Báo cáo tổng kết đề tài Nghiên cứu thí nghiệm bán công nghiệp công nghệ tuyển quặng đất hiếm Nam Nậm Xe. *Lưu trữ Trung tâm Thông tin Khoa học và Công nghệ Quốc Gia.*

9. Trần Bình Trọng và nnk, 2003. 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 và Quảng Nam. *Lưu trữ Liên đoàn Địa chất Xạ - Hiếm. Hà Nội.*

10. Trịnh Đình Huân, 2007. “Nghiên cứu đánh giá đặc điểm phân bố khoáng sản độc hại vùng Tây Bắc Việt Nam phục vụ chương trình phát triển kinh tế - xã hội bền vững”, *Luận văn Thạc sĩ. Lưu trữ Trường Đại học Mỏ - Địa chất. Hà Nội.*

11. Trịnh Đình Huân và nnk, 2010. “Nghiên cứu xác lập cơ sở khoa học phục vụ công tác đánh giá an toàn đối với hoạt động thăm dò, khai thác quặng phóng xạ vùng Thành Mỹ và đề xuất giải pháp phòng ngừa”. Đề tài cấp Bộ, *Lưu trữ Cục Thông tin Khoa học và Công Nghệ - Bộ Khoa học và Công nghệ. Hà Nội.*