



PHÂN VÙNG TIỀM NĂNG CHôn NÔNG CHẤT THẢI PHÓNG XẠ CÓ HOẠT ĐỘ THẤP VÀ TRUNG BÌNH TRÊN LÃNH THỔ VIỆT NAM

TRINH THỊ THÚY¹, NGUYỄN VĂN ĐÔNG¹
HỒ TIẾN CHUNG¹, VŨ VĂN TUYỀN¹
NGUYỄN THỊ HIỀN AN¹, NGUYỄN NGỌC TRÂM¹
LÊ CHÍ PHÚC¹, TRẦN ĐIỆP ANH¹
NGUYỄN VĂN TUẤN¹

¹Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản

Tóm tắt:

Xử lý và quản lý chất thải phóng xạ (CTPX) là một trong những vấn đề quan trọng không chỉ riêng đối với những quốc gia đang phát triển năng lượng hạt nhân. Ở Việt Nam, các chất phóng xạ cũng đã được sử dụng vào khoảng đầu những năm 1980, theo số liệu thống kê hàng năm có khoảng 100-150m³ CTPX ở mức hoạt độ thấp được tạo ra, chủ yếu từ các hoạt động nghiên cứu và ứng dụng trong y tế, công nghiệp. Tính đến thời điểm hiện tại, cả nước có bốn đơn vị có bãi chứa nguồn CTPX đã qua sử dụng thuộc Liên đoàn Vật lý địa chất (Cục Địa chất) và các đơn vị thuộc Viện Năng lượng nguyên tử Việt Nam như Viện Khoa học và kỹ thuật hạt nhân, Viện Nghiên cứu hạt nhân Đà Lạt, Trung tâm Đánh giá không phá hủy (NDE). Tuy nhiên, hầu hết các kho chứa bãi thải này đã không thể nhận lưu giữ thêm CTPX. Trong nghiên cứu này thể hiện một cách tiếp cận mới để lựa chọn địa điểm có tiềm năng lưu giữ, chôn nông CTPX trên lãnh thổ Việt Nam. Bản đồ phân vùng tiềm năng để chôn nông CTPX có hoạt độ thấp và trung bình được thành lập dựa trên việc chồng xếp 14 lớp thông tin bao gồm các đặc điểm tự nhiên và BVMT.

Từ khóa: Tiêu chí lựa chọn, chất thải phóng xạ, chôn nông.

Nhận bài: 3/7/2023; Sửa chữa: 22/8/2023;

Duyệt đăng: 16/9/2023.

1. Mở đầu

Các chất phóng xạ đã được sử dụng ở Việt Nam vào khoảng đầu những năm 1980. Theo số liệu thống kê, hàng năm có khoảng 100-150 m³ CTPX ở mức hoạt độ thấp được tạo ra, chủ yếu từ các hoạt động nghiên cứu và ứng dụng trong y tế, công nghiệp. Những nguồn CTPX này được lưu giữ tạm thời tại các cơ sở phát thải, điều này về lâu dài sẽ không đảm bảo tính an toàn. Theo ước tính, mỗi năm nguồn phóng xạ được sử dụng trong lĩnh vực y tế và công nghiệp tăng khoảng 10% [6]. Hiện cả nước có 4 đơn vị có bãi chứa nguồn CTPX đã qua sử dụng thuộc Liên đoàn Vật lý địa chất và các đơn vị thuộc Viện Năng lượng

Zoning potential near surface of radioactive waste with low and intermediate level waste in the territory of Vietnam

Abstract:

Radioactive waste treatment and management is one of the important issues not only for countries developing nuclear energy. In Vietnam, radioactive substances were also used around the early 1980s. According to annual statistics, about 100-150m³ of low-level radioactive waste is generated, mainly from researching activities and application in healthcare and industry. Up to now, the whole country has four units with used radioactive waste storage sites under the Geophysics Division (The Vietnam Geological Department) and units under the Vietnam Atomic Energy Institute such as Institute of Nuclear Science and Technology, Da Lat Nuclear Research Institute, and Center for Non-Destructive Evaluation (NDE). However, most of these warehouses are no longer able to store more radioactive waste. This study demonstrates a new approach to selecting locations with potential for storing and burying radioactive waste in Vietnamese territory. The potential zoning map for shallow burial of low- and medium-activity radioactive waste was established based on the overlay of 14 layers of information including natural features and environmental protection.

Keywords: Selection criteria, radioactive waste, near surface disposal of radioactive waste.

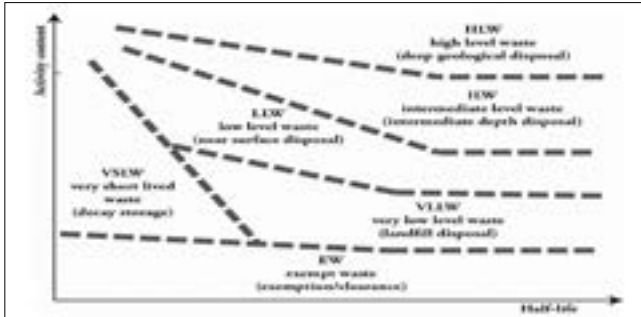
JEL Classifications: Q51, Q53, Q54.

nguyên tử Việt Nam như Viện Khoa học và kỹ thuật hạt nhân, Viện Nghiên cứu hạt nhân Đà Lạt, Trung tâm Đánh giá không phá hủy (NDE). Tuy nhiên, do nằm giữa khu dân cư nên từ năm 2013 kho chứa CTPX của Viện Khoa học và kỹ thuật hạt nhân, Trung tâm Đánh giá không phá hủy NDE không nhận lưu giữ thêm các nguồn phóng xạ của các đơn vị khác. Như vậy, việc khoanh định, lựa chọn vị trí có tiềm năng lưu giữ, chôn cất CTPX là điều rất cần thiết trong tương lai.

Việt Nam đã tham gia Công ước chung về an toàn trong quản lý nhiên liệu đã qua sử dụng và an toàn trong quản lý CTPX vào năm 2013 [8]. Vì vậy, tất cả các quốc

gia tham gia Công ước đều phải tuân thủ theo các hướng dẫn an toàn của Cơ quan Năng lượng nguyên tử quốc tế (IAEA) trong việc quản lý và xử lý CTPX.

Theo hướng dẫn của Cơ quan Năng lượng nguyên tử quốc tế (IAEA, 2014, 2020 [13, 14]), CTPX được phân loại theo lộ trình xử lý cần thiết để đảm bảo an toàn lâu dài, cụ thể được phân thành 6 loại gồm: Chất thải miễn trừ (EW), chất thải có tuổi thọ rất ngắn (VSLW), chất thải hoạt độ rất thấp (VLLW), chất thải hoạt độ thấp (LLW), chất thải hoạt độ trung bình (ILW) và chất thải hoạt độ cao (HLW) được thể hiện trên Hình 1.



▲ Hình 1. Biểu đồ phân loại CTPX theo IAEA (2014, 2020)

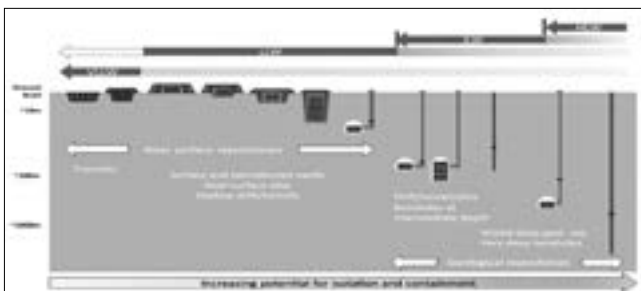
Chất thải có hoạt độ thấp và trung bình: là những chất thải có chứa các hạt nhân phóng xạ sống lâu, đòi hỏi phải được cách ly và ngăn chặn mạnh mẽ trong thời gian lên đến vài trăm năm, thích hợp để xử lý trong các cơ sở được thiết kế gần bề mặt (IAEA, 2020) [14].

Tương ứng với từng loại CTPX sẽ có những phương án xử lý khác nhau. Từ những năm 1990 trở lại đây, đã có rất nhiều nghiên cứu về vấn đề lựa chọn địa điểm để lưu giữ, chôn cất CTPX và được áp dụng rộng rãi ở các nước trên thế giới. Hình 2 thể hiện các phương án xử lý CTPX đã được áp dụng trên thế giới (IAEA, 2020).

2. Phương pháp nghiên cứu và nguyên tắc phân vùng tiềm năng

2.1. Cơ sở dữ liệu đầu vào

Để phân vùng cho các khu vực có tiềm năng, 14 lớp thông tin được sử dụng bao gồm: Địa chất (thạch học); thủy văn (Modul dòng chảy); khoảng cách đến các điểm nước khoáng nước nóng; khoảng cách đến các đứt gãy đang hoạt động; núi lửa; khoảng cách đến các dòng sông



▲ Hình 2. Sơ đồ minh họa về phạm vi các phương án xử lý, từ bề mặt đến sâu, hiện đang được xem xét hoặc thực hiện đối với các loại CTPX khác nhau theo IAEA, 2020

chính; khoảng cách đến các biên giới quốc gia; khoảng cách đến đường quốc lộ, sắt; mật độ dân cư; lượng mưa trung bình hàng năm; độ dốc và độ cao, phân vùng động đất và các khu vực bảo tồn thiên nhiên.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp tổng hợp, phân tích và xử lý số liệu

Thu thập, tổng hợp, phân tích các tài liệu về địa chất, địa chất thủy văn, kiến tạo, địa chấn, động đất, tài nguyên khoáng sản,... trên toàn lãnh thổ Việt Nam ở các tỷ lệ khác nhau: 1:500.000, 1:200.000, 1:50.000. Tiến hành phân tích, sàng lọc các thông tin theo các tiêu chí đã được xây dựng để phân vùng tiềm năng.

2.2.2. Phương pháp ứng dụng công nghệ GIS

Trong nghiên cứu này, tập thể tác giả lựa chọn phương pháp phân tích chồng xếp, giao cắt các lớp thông tin trong việc đánh giá phân vùng các khu vực có tiềm năng chôn nòng CTPX sử dụng phần mềm Arcgis. Phương pháp này đã được áp dụng trong các nghiên cứu của Dario et al., 2020 [12]; Nazran et al., 2016 [16].

2.3. Nguyên tắc phân vùng tiềm năng chôn nòng CTPX

Việc phân vùng tiềm năng chôn nòng CTPX dựa trên Bộ tiêu chí đề tài đã xây dựng để áp dụng trên lãnh thổ Việt Nam kết hợp với các nghiên cứu có liên quan trong nước và quốc tế. Các bước phân vùng cụ thể như sau:

- Chồng xếp và xử lý các lớp bản đồ để phân ra được 2 vùng: vùng không có tiềm năng có điểm số bằng 0 (vùng loại trừ) và vùng có tiềm năng (IAEA, 2014; Dario et al., 2020; Nazran et al., 2016).
- Loại trừ các vùng tiềm năng có diện tích < 1km² trở xuống (Dario et al., 2020).
- Tiến hành khoanh định các khu vực có tiềm năng theo các tiêu chí lựa chọn theo mức độ ưu tiên (phù hợp) từ 1-5 cho từng tiêu chí thành phần, tương ứng với các khu vực có tiềm năng từ rất thấp đến rất cao trong Bảng 1.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Kết quả

3.1.1. Tiêu chí địa chất

Đặc điểm địa chất sẽ góp phần cách ly chất thải và hạn chế sự phát thải các hạt nhân phóng xạ vào sinh quyển, cũng như góp phần quan trọng vào sự ổn định nền móng của hệ thống xử lý chất thải (IAEA, 2014).

Tiêu chí này được đánh giá theo thành phần thạch học của từng loại đá và được chia thành 5 nhóm đá theo tiềm năng từ thấp đến rất cao. Nhóm đá có tiềm năng rất cao chủ yếu là các đá sét kết, phiến sét, biến chất giàu aluminosilicat có diện tích khoảng 9.304km², chiếm 2,81% diện tích trên lãnh thổ Việt Nam. Các khu vực bị loại trừ

Bảng 1. Bảng đánh giá mức độ ưu tiên cho từng tiêu chí thành phần được lựa chọn để phân vùng tiềm năng chôn nông CTPX

STT	Tiêu chí	Mức độ ưu tiên					
		0	1	2	3	4	5
1	Địa chất (thạch học)	0	1	2	3	4	5
2	Địa chất thủy văn (Modul dòng chảy)	0	1	2	3	4	5
3	Tài nguyên nước	0	1	2	3	4	5
4	Đứt gãy hoạt động	0	1	2	3	4	5
5	Hoạt động núi lửa	0	1	2	3	4	5
6	Khoảng cách đến dòng sông chính	0	1	2	3	4	5
7	Khoảng cách đến đường biên giới	0	1	2	3	4	5
8	Khoảng cách đến đường quốc lộ, sắt	0	1	2	3	4	5
9	Mật độ dân số	0	1	2	3	4	5
10	Lượng mưa	0	1	2	3	4	5
11	Tai biến địa chất	1	1	2	3	4	5
12	Lũ lụt	0	1	2	3	4	5
13	BVMT	0	5	5	5	5	5
14	Phân vùng động đất	0	1	2	2	2	2

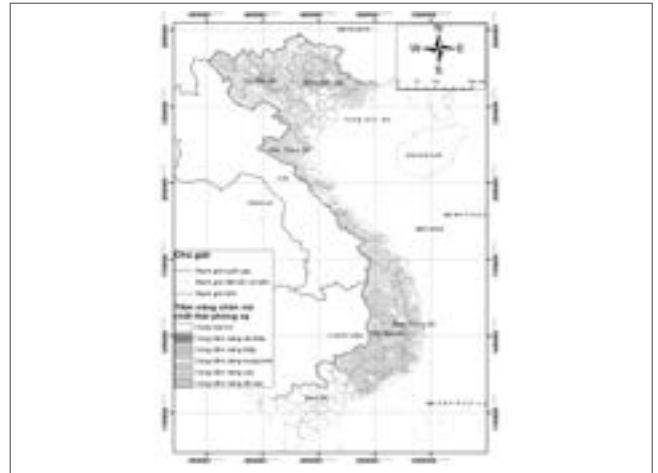


▲ Hình 3. Quy trình phân vùng tiềm năng địa điểm chôn cất CTPX

là những khu vực phân bố đá trầm tích carbonat và lục nguyên - carbonat (xem Hình 4).

3.1.2. Tiêu chí địa chất thủy văn

Theo hướng dẫn của IAEA, các yếu tố thuận lợi trong việc lựa chọn địa điểm chôn lấp CTPX bao gồm các đặc điểm hạn chế sự di chuyển của hạt nhân phóng xạ từ địa điểm đến môi trường có thể tiếp cận, vì vậy kho lưu trữ phải được bố trí để ngăn ngừa sự ô nhiễm phóng xạ đối với tài nguyên nước ngầm.



▲ Hình 4. Sơ đồ phân vùng tiềm năng chôn nông CTPX theo tiêu chí địa chất

Trên cơ sở đó, nhóm tác giả đã đánh giá tiêu chí địa chất thủy văn dựa trên đặc điểm Modul dòng chảy ngầm. Dựa trên bản đồ tài nguyên nước dưới đất ở tỷ lệ 1:200.000 do Vũ Thanh Tâm, 2020 (chủ biên) [7] và các nghiên cứu của Úc [15], Malaysia [16], Croatia [12], các khu vực có tiềm năng được chia thành 5 nhóm bao gồm: tiềm năng rất cao là những khu vực nghèo nước hoặc không chứa nước, tiềm năng cao có chỉ số Modul dòng chảy ngầm $< 1l/s.km^2$, tiềm năng trung bình từ $1-2l/s.km^2$, tiềm năng thấp từ $2-4l/s.km^2$, tiềm năng rất thấp từ $4-6l/s.km^2$. Khu vực có tiềm năng rất cao chiếm 19,122% tổng diện tích Việt Nam, tập trung chủ yếu ở khu vực Nam Trung bộ và dải Tây Bắc bộ có diện tích khoảng 62.901km² (Hình 5).

3.1.3. Tiêu chí về nguồn nước khoáng, nước nóng

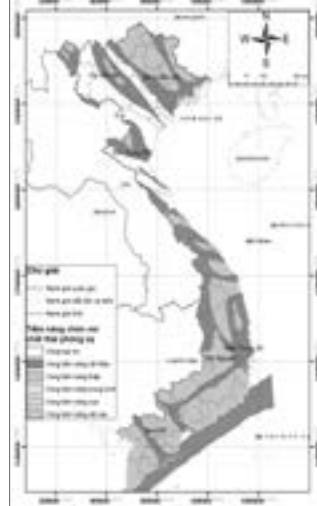
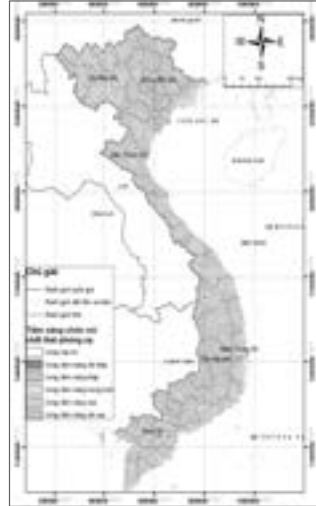
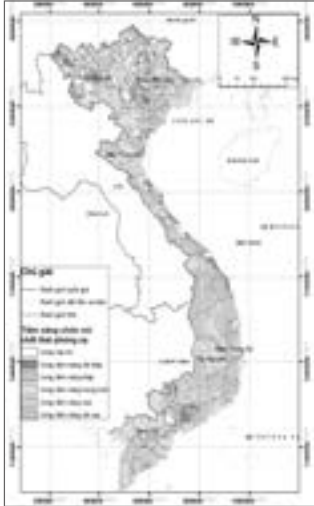
Dựa trên tài liệu về Danh bạ nguồn nước khoáng và nước nóng Việt Nam, các khu vực có tiềm năng rất cao chiếm khoảng 65,917% tổng diện tích toàn quốc, tiềm năng cao và trung bình lần lượt là 14,841% và 13,222%. Các khu vực không có tiềm năng chiếm khoảng 0,294%, là những khu vực trong vòng bán kính 1km so với điểm nước nóng, nước khoáng (Hình 6).

3.1.4. Tiêu chí về phân vùng động đất

Đây là một trong những tiêu chí quan trọng để đánh giá, lựa chọn địa điểm phù hợp cho vị trí chôn lấp CTPX. Dựa trên bản đồ phân vùng động đất của PGS. TS Đỗ Quang Thiên (chủ biên), các khu vực có tiềm năng có cường độ động đất cực đại < 7 chiếm khoảng 84,364% diện tích toàn quốc, diện tích còn lại không có tiềm năng tương đương với khu vực có cường độ động đất cực đại > 7 (Hình 7).

3.1.5. Tiêu chí về đứt gãy hoạt động

Tiêu chí này được đánh giá dựa trên hướng dẫn an toàn của IAEA, 2014 kết hợp với các nghiên cứu của Cao Đình Triều, 2012 [2]; Nguyễn Đại Trung, 2014 [4]; Úc, 1994 [15]. Các khu vực bị loại trừ nằm trong bán



▲ Hình 5. Sơ đồ phân vùng tiềm năng chôn nông CTPX theo tiêu chí địa chất thủy văn

▲ Hình 6. Sơ đồ phân vùng tiềm năng chôn nông CTPX theo tiêu chí nước khoáng, nước nóng

▲ Hình 7. Sơ đồ phân vùng tiềm năng chôn nông CTPX theo tiêu chí về phân vùng

▲ Hình 8. Sơ đồ phân vùng tiềm năng chôn nông CTPX theo tiêu chí về đứt gãy hoạt động

kính cách đứt gãy chính 5km, chiếm diện tích khoảng 55.019km², tương ứng khoảng 16,734% tổng diện tích trên toàn quốc (Hình 8).

3.1.6. Tiêu chí về hoạt động núi lửa

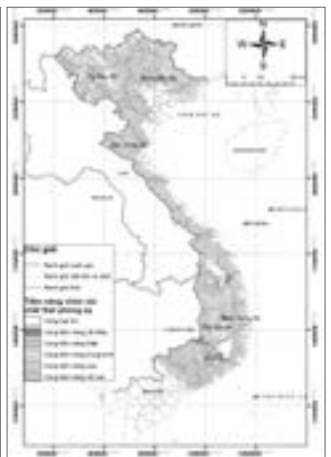
Hoạt động núi lửa cũng ảnh hưởng rất lớn đến sự ổn định của công trình xây dựng chôn lấp CTPX và sự phát xạ ra môi trường khi sự cố xảy ra. Vì vậy, tiêu chí này được phân vùng dựa trên các vị trí của các miệng núi lửa được xác định trên toàn quốc và sự phân bố của các đá bazan tuổi trẻ từ Pleistocen đến nay. Các khu vực không có tiềm năng chủ yếu thuộc diện tích của khu vực Tây Nguyên và một phần nhỏ diện tích khu vực Nam Trung bộ và Nam bộ, chiếm diện tích khoảng 10,216% toàn quốc. Các khu vực có tiềm năng từ rất thấp (chiếm 3,429%) đến rất cao (chiếm khoảng 71,397%) (Hình 9).

3.1.7. Tiêu chí về lũ lụt

Trong quá trình lựa chọn địa điểm cần phải đánh giá về khả năng ngập lụt, nước biển dâng có thể ảnh hưởng đến an toàn của các cơ sở chôn thải ở Việt Nam. Dựa trên hướng dẫn của IAEA kết hợp với tiêu chí lựa chọn chôn nông CTPX ở Italia, 2014 [17], các khu vực không có tiềm năng có độ cao < 20m và > 1.000m, chiếm diện tích khoảng 30,942%, các khu vực có tiềm năng được chia thành 5 khu vực từ rất thấp (độ cao 800-1.000m) đến rất cao (độ cao 20-200m) (Hình 10).

3.1.8. Tiêu chí về tai biến địa chất

Để đánh giá mức độ xói mòn và khả năng xảy ra trượt lở, sạt lở của các khu vực được lựa chọn chôn cất CTPX, tiêu chí này được phân chia thành 5 mức độ phù hợp theo độ dốc địa hình: rất cao (0-5°), cao (5-15°), trung bình (15-35°), thấp (35-55°), rất thấp (> 55°) (Hình 11).



▲ Hình 9. Sơ đồ phân vùng tiềm năng chôn nông CTPX theo tiêu chí về hoạt động

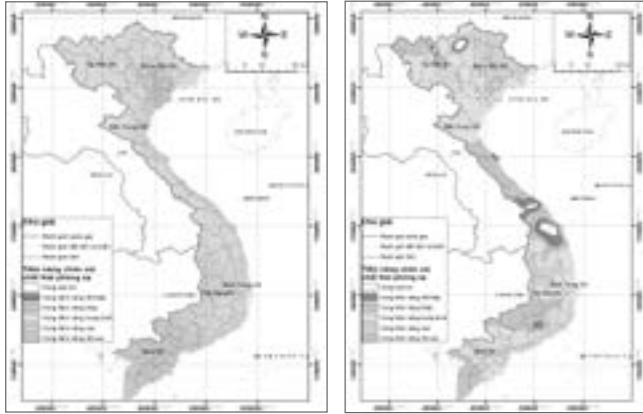
▲ Hình 10. Sơ đồ phân vùng tiềm năng chôn nông CTPX theo tiêu chí về lũ lụt

3.1.9. Tiêu chí về lượng mưa

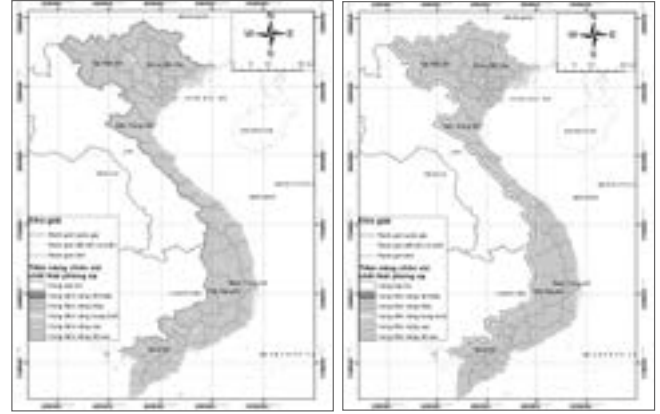
Để đảm bảo an toàn cho các cơ sở chôn cất CTPX không bị ảnh hưởng bởi ngập lụt và các tai biến thiên nhiên thì tiêu chí về lượng mưa cũng cần được xem xét, đánh giá. Dựa vào bản đồ phân bố lượng mưa trung bình hàng năm trên toàn quốc và tham khảo kinh nghiệm lựa chọn của các nước như ở Malaysia [16], Úc [15], tập thể tác giả phân vùng tiềm năng theo 5 cấp: từ rất cao (< 1.200mm/năm) đến rất thấp (2.800-3.600mm/năm), các khu vực có lượng mưa > 3.600mm/năm sẽ bị loại trừ (không có tiềm năng).

3.1.10. Tiêu chí về khoảng cách đến các sông, hồ lớn

Nhằm đảm bảo CTPX không bị phát xạ ra bên ngoài và ảnh hưởng đến môi trường nước, các khu vực càng cách xa sông, suối thì sẽ có tiềm năng càng cao. Khu vực có khoảng cách với sông suối trong phạm vi



▲Hình 11. Sơ đồ phân vùng tiềm năng chôn nông CTPX theo tiêu chí về tai biến địa chất ▲Hình 12. Sơ đồ phân vùng tiềm năng chôn nông CTPX theo tiêu chí về lượng mưa



▲Hình 13. Sơ đồ phân vùng tiềm năng chôn nông CTPX theo tiêu chí về khoảng cách đến các sông, hồ lớn ▲Hình 14. Sơ đồ phân vùng tiềm năng chôn nông CTPX theo tiêu chí về khoảng cách đến đường biên giới quốc gia

từ 0-500m sẽ bị loại trừ. Khu vực có tiềm năng từ rất thấp đến rất cao chiếm diện tích lần lượt là 6,208% và 57,543%.

3.1.11. Tiêu chí về khoảng cách đến đường biên giới quốc gia

Để đảm bảo an ninh, an toàn cho các quốc gia có chung đường biên giới, tiêu chí về khoảng cách đến đường biên giới quốc gia cũng cần được xem xét, đánh giá. Vị trí lựa chọn chôn lấp CTPX càng xa biên giới quốc gia thì càng tốt, các khu vực có khoảng cách đến đường biên giới quốc gia < 10km sẽ bị loại trừ (Huỳnh Văn Trung, 2011) [3].

3.1.12. Tiêu chí về khoảng cách đến đường quốc lộ, cao tốc, đường sắt

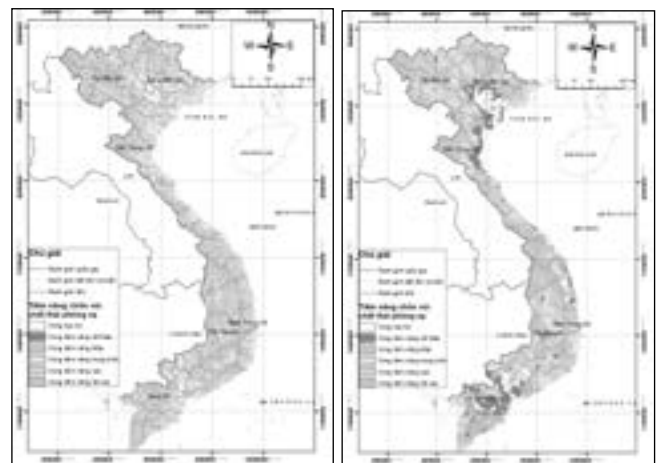
Theo hướng dẫn của IAEA, 2014 và nghiên cứu của Italia, 2014, khu vực có tiềm năng càng cách xa các khu vực quốc lộ, đường cao tốc, đường sắt thì càng được ưu tiên (loại trừ khu vực trong bán kính < 1km).

3.1.13. Tiêu chí về mật độ dân số

Tiêu chí về mật độ dân cư là một trong những tiêu chí khá quan trọng để đánh giá mức độ an toàn của cơ sở xây dựng tới sức khỏe của con người và sự đồng thuận của địa phương. Nên ưu tiên các khu vực có mật độ dân cư thấp và tránh các khu trung tâm của phường, xã, thị trấn ít nhất 2km nhằm đảm bảo an toàn cho người dân khỏi những ảnh hưởng của CTPX cũng như có thể dễ dàng được sự chấp nhận của cộng đồng địa phương.

3.1.14. Tiêu chí về BVMT

Đây là một trong những tiêu chí quan trọng để lựa chọn địa điểm chôn cất CTPX. Vì vậy, tất cả các khu vực di sản thiên nhiên, khu bảo tồn, công viên địa chất, di tích lịch sử, khu du lịch đều sẽ bị loại trừ (không có tiềm năng) theo IAEA, 2014; Úc, 1994; Italia, 2014; Malaysia, 2016 và Croatia, 2020. Những khu vực có tiềm năng chiếm diện tích khoảng 89,67% được thể hiện trên Hình 17.



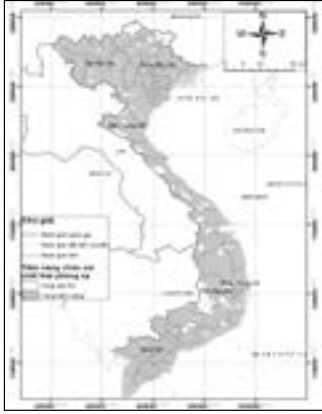
▲Hình 15. Sơ đồ phân vùng tiềm năng chôn nông CTPX theo tiêu chí về khoảng cách đến đường quốc lộ, cao tốc, đường sắt ▲Hình 16. Sơ đồ phân vùng tiềm năng chôn nông CTPX theo tiêu chí về mật độ dân số

3.1.15. Phân vùng tiềm năng chôn nông CTPX trên lãnh thổ Việt Nam

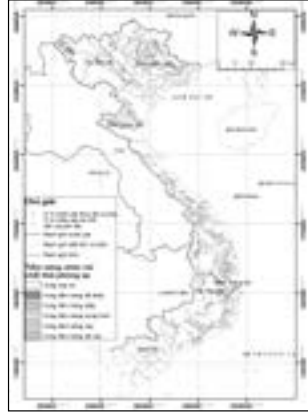
Trên cơ sở chồng chập các lớp bản đồ theo từng tiêu chí thành phần, sơ đồ tiềm năng chôn nông CTPX được chia thành 2 nhóm: vùng loại trừ (không có tiềm năng) chiếm diện tích khoảng 83,147% và vùng có tiềm năng được chia thành 5 khu vực từ rất thấp đến rất cao. Khu vực có tiềm năng rất cao có diện tích 11.121,76 km², chiếm 3,358% tổng diện tích toàn quốc. Khu vực có tiềm năng cao, trung bình, thấp chiếm diện tích lần lượt là 2,389%; 2,613%; 4,040%. Khu vực có tiềm năng rất thấp chiếm khoảng 4,453% (Hình 18).

3.2. Thảo luận

Trong quá trình chạy mô hình có thể nhận thấy, một số tiêu chí như độ cao, độ dốc, lượng mưa trung bình, phân vùng động đất và BVMT là những yếu tố có khả năng xử



▲ Hình 17. Sơ đồ phân vùng tiềm năng chôn nòng CTPX theo tiêu chí về BVMT



▲ Hình 18. Sơ đồ phân vùng tiềm năng chôn nòng CTPX trên lãnh thổ Việt Nam

lý bằng các giải pháp khoa học kỹ thuật và công trình nên vai trò trong phân vùng tiềm năng có thể phần nào được xem nhẹ. Theo mô hình thực tế, có thể phân chia lại theo Bảng 2. Tuy nhiên, để thuận tiện cho công tác phân vùng ở các bước khác nhau hoặc quan điểm khác nhau, tập thể tác giả kiến nghị giữ nguyên các ngưỡng phân cấp từ 0-5 cho các tiêu chí thành phần, nhưng có sự linh hoạt trong cách gộp nhóm.

4. Kết luận

Trong nghiên cứu này, các khu vực được khoanh định có tiềm năng không nhất thiết phải phù hợp cho việc xử lý CTPX gần bề mặt. Tuy nhiên, các khu vực được phân vùng tiềm năng đã tránh được mọi rủi ro có thể xảy ra từ khu vực có thể ảnh hưởng đến việc chôn lấp CTPX và môi trường. Vì vậy, cần phải có thêm các nghiên cứu trong phòng thí nghiệm và điều tra khảo sát ngoài thực địa chỉ

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Các nhóm tờ Bản đồ địa chất tỷ lệ 1:200.000 trên toàn lãnh thổ Việt Nam đã được xuất bản.
2. Cao Đình Triều và nnk, 2012. Tai biến động đất và sóng thần. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
3. Huỳnh Văn Trung, 2011. Báo cáo tổng kết đề tài “Cơ sở khoa học và thực tiễn cho việc đề xuất bộ tiêu chí lựa chọn địa điểm chôn CTPX hoạt độ thấp và trung bình từ nhà máy điện hạt nhân của Việt Nam”. Lưu trữ Cục Thông tin Khoa học và Công nghệ quốc gia.
4. Nguyễn Đại Trung và nnk, 2014. Báo cáo kết quả Dự án “Xây dựng mạng lưới trắc địa địa động lực trên khu vực các đứt gãy thuộc miền Bắc Việt Nam phục vụ công tác dự báo tai biến tự nhiên”. Lưu trữ, Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản.
5. Nguyễn Thị Thu Trang, 2020. Báo cáo tổng kết đề tài “Nghiên cứu đánh giá tình hình phát triển, ứng dụng năng lượng nguyên tử ở Việt Nam”. Lưu trữ Cục Năng lượng nguyên tử.
6. Vũ Thanh Tâm, 2020 (chủ biên). Bản đồ tài nguyên nước dưới đất tỷ lệ 1:200.000 toàn quốc.
7. Công ước chung về an toàn trong quản lý nhiên liệu đã qua sử dụng và an toàn trong quản lý CTPX Vienna, 1997. (Bản dịch).
8. Luật Năng lượng nguyên tử số 18/2008/QH12 ngày 3/6/2008 của Quốc hội nước Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam.
9. Quyết định số 2376/QĐ-TTg ngày 28/12/2010 về việc phê duyệt

Bảng 2. Mức điểm của các tiêu chí thành phần trong lựa chọn các địa điểm có khả năng lưu giữ, chôn cất chất thải phóng xạ

STT	Tiêu chí	Điểm					
		0	1	2	3	4	5
1	Địa tầng (Thạch học)	0	1	2	3	4	5
2	Địa chất thủy văn (Modul dòng chảy)	0	1	2			
3	Tài nguyên nước	0	1	2	3		
4	Đứt gãy hoạt động	0	1	2	3		
5	Hoạt động núi lửa	0	1				
6	Khoảng cách đến dòng sông chính	0	1	2			
7	Khoảng cách đến đường biên giới	0	1	2	3	4	
8	Khoảng cách đến đường quốc lộ, cao tốc, đường sắt	0	1	2	3	4	
9	Mật độ dân số	0	1	2	3		
10	Lượng mưa	0	1				
11	Lũ lụt	0	1				
12	Tai biến địa chất		1				
13	BVMT	0	1				
14	Phân vùng động đất	0	1	2			

tiết các địa điểm lựa chọn để thu thập dữ liệu về các điều kiện tự nhiên như địa chất, địa chất thủy văn - địa chất công trình, kiến tạo và các tiêu chí khác để xác định sự phù hợp của các địa điểm để xuất làm cơ sở chôn nòng CTPX.

Lời cảm ơn: Tập thể tác giả xin chân thành cảm ơn đề tài “Nghiên cứu lựa chọn, đề xuất một số địa điểm lưu giữ, chôn cất CTPX ở Việt Nam theo hướng dẫn của Tổ chức Năng lượng nguyên tử quốc tế (IAEA), mã số TNMT.2022.02.19” đã cung cấp dữ liệu để chúng tôi thực hiện bài báo ■

định hướng quy hoạch địa điểm lưu giữ, chôn cất CTPX đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2050.

10. Quyết định số 906/QĐ-TTg ngày 17/6/2010 của Thủ tướng Chính phủ về việc Phê duyệt định hướng quy hoạch phát triển điện hạt nhân ở Việt Nam giai đoạn đến năm 2020.
11. Dario Perković, Želimir Veinović, Roman Leopold and Andrea Rapić, 2020. Site selection for Croatian low and intermediate level radioactive waste repository. *Journal of Maps*, Vol.16, No.1, 21-29, 2020.
12. IAEA, 2014. Near Surface Disposal Facilities for Radioactive Waste. IAEA, Specific Safety Guide No. SSG-29, Vienna, 2014.
13. IAEA, 2020. Design principles and approaches for radioactive waste repositories. IAEA, Nuclear Energy Series, No.NW-T-1.27, Vienna, 2020.
14. National Resource Information Centre, 1994. A radioactive waste repository for Australia: Methods for choosing the right site. https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/24/039/24039305.pdf.
15. Nazran Harun, Wan Zuhairi Wan Yaacob, and Norbert Simon, 2016. Potential areas for the near surface disposal of radioactive waste in Pahang. <http://dx.doi.org/10.1063/1.4966859>.
16. Technical guide N.29, Italia, 2014. Siting criteria of a near surface disposal facility for low and intermediate level radioactive waste. https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/44/104/44104834.pdf.