

TÍNH TOÁN HỆ THỐNG BỂ LƯU CHẤT THẢI LỎNG PHÓNG XẠ TỰ ĐỘNG GỒM NHIỀU BỂ NHỎ TRONG ĐIỀU TRỊ UNG THƯ TUYẾN GIÁP BẢNG I – 131.

ThS.KS. Phạm Anh Tuấn¹, ThS.KS. Phạm Thị Len¹, KS. Trần Văn Thống¹

¹Trung tâm Y học Hạt nhân và Ung bướu, Bệnh viện Bạch Mai.

TÓM TẮT

1. Mục tiêu:

Bể lưu giữ chất thải lỏng phóng xạ I-131 của các bệnh nhân ung thư giáp hiện nay thường được xây dựng kiên cố bằng bê tông, đặt chìm và sử dụng (lưu giữ) luân chuyển. Các bể lưu này có nhiều khuyết điểm như: nguy cơ rò rỉ chất thải phóng xạ, khó kiểm soát, đầu tư xây dựng lớn, không nâng cấp được khi nhu cầu bệnh nhân tăng và phải dùng máy bơm hút cưỡng bức khi xử lý. Các cơ sở Y học Hạt nhân điều trị bệnh nhân ung thư giáp dùng I-131 thường sử dụng các bể lưu chất thải cổ điển này nên phải điều trị tập trung bệnh nhân theo đợt.

Theo khuyến cáo của IAEA, hệ thống bể lưu giữ chất thải lỏng phóng xạ hiện nay gồm nhiều bể nhỏ độc lập, tự động thải theo chu trình. Mục tiêu của đề tài là tính toán phân tích và đánh giá hiệu quả đảm bảo an toàn phóng xạ, tính khả thi đối với khuyến cáo mới của IAEA bằng cách so sánh với hệ thống bể lưu thải cổ điển áp dụng theo quy chuẩn thông tư 22/2014/TT-BKHCN ngày 25/08/2014 của Bộ KH&CN nước ta.

2. Đối tượng & phương pháp nghiên cứu:

Đối tượng nghiên cứu là hệ thống bể lưu thải phóng xạ lỏng với các thông số:

- Số lượng bể trong hệ thống.
- Thể tích bể.
- Thời gian tích lũy vào bể.
- Thời gian lưu giữ.
- Hoạt độ riêng xả thải nhỏ hơn mức quy định.

Phương pháp nghiên cứu: Đưa ra giả thiết liều chỉ định điều trị cho các bệnh nhân K giáp là 50 mCi/1 bệnh nhân, lượng I - 131 được đào thải qua đường bài tiết của bệnh nhân và lưu giữ vào hệ thống bể lưu giữ.

3. Nội dung nghiên cứu:

3.1. Nội dung 1: Tính toán hệ thống bể lưu thải lỏng phóng xạ gồm nhiều bể nhỏ theo phương thức điều trị liên tiếp từng bệnh nhân.

3.2. Nội dung 2: Tính toán hệ thống bể lưu thải đặt nổi gồm nhiều bể nhỏ theo phương thức điều trị theo đợt tập trung với 20 bệnh nhân x 02 đợt/01 tháng.

4. Kết quả:

4.1. Nội dung 1:

Đề tài đã tính toán được các thông số hệ thống bể lưu và xây dựng thành bảng các thông số theo thời gian tích lũy (12 ngày đến 60 ngày). Qua đó so sánh các thông số của hệ thống nhiều bể nhỏ với hệ thống bể (2 ngăn) cổ điển.

4.2. Nội dung 2:

Đề tài đã đưa ra được bảng kết quả tính toán thông số hệ thống bể gồm nhiều bể nhỏ lưu giữ chất thải lỏng phóng xạ cho phương thức điều trị theo đợt: 20 bệnh nhân / 02 đợt/01 tháng theo thể tích bể nhỏ 2.000 lít.

5. Bàn luận:

Kết quả của đề tài nghiên cứu đã khẳng định rằng hệ thống bể lưu chất thải lỏng phóng xạ mới (hệ thống bể gồm nhiều bể nhỏ) có nhiều ưu điểm về thiết kế, dễ sửa chữa nâng cấp, chi phí xây dựng thấp, mức xả thải đúng quy định nhưng vẫn đảm bảo an toàn phóng xạ tốt hơn.

Khuyến cáo: Các cơ sở Y học Hạt nhân nên điều trị bệnh nhân theo theo phương thức liên tục để chất thải phóng xạ dễ kiểm soát và giảm liều chiếu lẫn nhau so với phương thức điều trị theo từng đợt tập trung.

Từ khoá: bể lưu thải phóng xạ lỏng, chất thải phóng xạ lỏng, tính toán hệ thống bể, thiết kế bể lưu thải, ung thư tuyến giáp

CALCULATION OF NEW RADIATION STORAGE SYSTEM IN THYROID CANCER THERAPY BY I-131.

I. Introduction:

Radiation storage system for patients of thyroid cancer usually is solidly with concrete, submerged and stored by decay. These chamber have many shortcomings such as the risk of radioactive waste leakage, difficult control, large construction investment, and cannot be upgraded when the patient number increasing and must use forced pumps when handling waste. All of nuclear medicine facilities using I-131 to treat patients of thyroid cancer apply this old design to store radiation waste and have treatment method by period.

II. Objective and Method:

As recommended by IAEA in IAEA tecdoc series, No.1714, the current storage system of liquid radioactive waste includes many independent small tanks, discharging automatically according to the cycle. Research and calculation of the topic focuses on analyzing and assessing radioactive safety and feasibility of recommendations, comparing with classical exhaust tank system applied in accordance with the 22/2014/TT-BKHCN on August 25, 2014 from the Vietnamese Ministry of Science and Technology. Thereby, the study offers two issues to compare:

A. Calculation of the tank system composed with many small tanks by the method of continuous treatment .

B. Calculation of waste storage system of many small tanks, floating by the method of period treatment with 20 patients x 02 periods / 1 month.

The objects of the study is the storage system of liquid radioactive waste with parameters:

- Number of tank required.
- Tank volume (l).
- Collection period (day).

- Decay period (day).
- Release activity (Bq).

Research method: It is assumed that the prescribed dose per patients of thyroid cancer is 50 mCi/1 patient, the amount of I - 131 is excreted from excretion of patients, stored in the storage system.

III. Result:

- The project has calculated the parameters of storage system and show the table of parameters according to the accumulated time (12 days to 60 days). This difference of the new storage system from the classic (2 compartments) storage system .
- The project shows a table of results with parameters of storage composed system (many tanks) with treatment method: 20 patients/02 periods /1 month, according to the volume of small tanks is 2000liters

IV. Conclusion and discussion:

The calculation of the study confirmed that the new storage system of liquid radioactive waste (composed with small tanks system) has many advantages of design, more radioactive safety, easy to repair and upgrade, low construction costs but still ensuring radioactive safety and discharge levels as Vietnamese atomic energy law.

Nuclear Medicine facilities should treat patients by continuous method so that radioactive waste is easier to control and reduce the dose of patient from other

Keyword: Radiation storage system, liquid radioactive waste, calculation of the tank system, thyroid cancer

1. Đặt vấn đề

Ở Việt Nam, năm 1976, Bệnh viện Bạch Mai là nơi đầu tiên ở nước ta dùng I-131 để điều trị bệnh Basedow. Đến nay, ở nước ta đã có hàng vạn bệnh nhân Basedow và ung thư tuyến giáp thể biệt hóa đã được điều trị thành công bằng I-131 và I-131 đã trở thành một phương pháp điều trị hữu hiệu, an toàn. Ung thư tuyến giáp là bệnh ung thư phổ biến nhất của các tuyến nội tiết.

Bệnh nhân điều trị sẽ được uống được chất phóng xạ I-131 dưới dạng dung dịch lỏng hoặc dưới dạng viên con nhộng. I-131 vào trong cơ thể sẽ được hấp thu, tập trung ở tuyến giáp để tiêu diệt các tế bào K giáp bằng bức xạ ion hoá. Theo IAEA [2], tổng số I-131 sau khi bệnh nhân uống vào thì khoảng 80% sẽ được đào thải trong 24 đến 72 giờ đầu theo đường nước tiểu và phân của bệnh nhân, còn lại khoảng 20 % thoát ra theo con đường khác như nước miếng, hoặc giữ lại trong cơ thể....

Theo hướng dẫn “quy trình kỹ thuật khám bệnh, chữa bệnh chuyên ngành Y học Hạt nhân” của Bộ Y tế, người bệnh xuất viện khi hoạt độ phóng xạ trong cơ thể còn nhỏ hơn 30 mCi tính theo lý thuyết hoặc suất liều < 50µSv/h đo cách tuyến giáp 1 mét. Sau khi được uống được chất phóng xạ, bệnh nhân sẽ được giữ lại bệnh viện 3 ngày. Các chất thải phóng xạ dạng lỏng qua đường bài tiết của bệnh nhân được thu gom về bể chứa qua hệ thống nhà vệ sinh của bệnh nhân và được xử lý trước khi được thanh lý.

Theo thông tư 22/2014/TT-BKHCN ngày 25/8/2014 của Bộ KH&CN quy định về quản lý chất thải phóng xạ và chất phóng xạ đã qua sử dụng, mức cho phép thải ra môi trường đối với chất thải phóng xạ lỏng dùng trong y tế của đồng vị I - 131 là: 1×10^7 Bq/năm. Nguyên tắc lưu giữ chất thải lỏng I - 131 trong quy trình là tính toán lưu giữ đến khi hoạt độ riêng mỗi lần thải ra theo năm < hoạt độ riêng cho phép theo thông tư 22.

Gần đây, cơ quan Năng lượng Nguyên tử Quốc tế IAEA đã đưa ra khuyến cáo về việc quản lý chất thải lỏng phóng xạ trong tài liệu *IAEA tecdoc series, No.1714* [2]:

- *Hệ thống bể lưu giữ chất thải lỏng phóng xạ sẽ gồm nhiều bể nhỏ độc lập, thải tự động theo chu trình.* Hiện nay, bể lưu giữ chất thải lỏng phóng xạ của các bệnh nhân K giáp thường được xây dựng kiên cố bằng bê tông, đặt chìm. Các bể lưu này có nhiều khuyết điểm như nguy cơ rò rỉ chất thải phóng xạ, kiểm soát khó, việc đầu tư xây dựng lớn, không nâng cấp được khi nhu cầu bệnh nhân tăng và phải dùng máy bơm hút cưỡng bức khi xả thải.

- *Bệnh nhân K giáp điều trị bằng I - 131 nên được điều trị riêng lẻ từng bệnh nhân và được lưu trú tại khu vực cách ly.* Hiện nay, hầu hết các cơ sở Y học Hạt nhân điều trị bệnh nhân k giáp theo đợt tập trung. Phương thức điều trị này dẫn đến độ tập trung phóng xạ cao, bệnh nhân sẽ nhận liều phơi nhiễm từ các bệnh nhân khác.

Vì vậy chúng tôi sử dụng tài liệu hướng dẫn *IAEA tecdoc series, No.1714* [2] để xây dựng đề tài “ Tính toán hệ thống bể lưu chất thải lỏng phóng xạ tự động gồm nhiều bể nhỏ trong điều trị ung thư tuyến giáp bằng I - 131 để phù hợp với quy định xả thải theo thông tư 22 của bộ KH&CN của Việt Nam.

2. Mục tiêu nghiên cứu

- Nội dung 1: Tính toán hệ thống bể lưu thải lỏng phóng xạ gồm nhiều bể nhỏ theo phương thức điều trị liên tiếp từng bệnh nhân.

- Nội dung 2: Tính toán hệ thống bể lưu thải đặt nổi gồm nhiều bể nhỏ theo phương thức điều trị từng đợt tập trung với 20 bệnh nhân x 02 đợt / 01 tháng.

3. Đối tượng nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu là hệ thống bể lưu thải lỏng phóng xạ gồm nhiều bể nhỏ với các thông số:

- Số lượng bể trong hệ thống.
- Thể tích mỗi bể (lít).
- Thời gian tích lũy vào bể (ngày).
- Thời gian lưu giữ (ngày).
- Hoạt độ riêng xả thải nhỏ hơn mức quy định (Bq/lít).

4. Phương pháp nghiên cứu

4.1 Giả thiết

Liều điều trị mỗi bệnh nhân: 50 mCi. Bệnh nhân được cách ly 3 ngày. Phòng vệ sinh của bệnh nhân khép kín và chất thải được lưu giữ riêng. 80% liều uống của bệnh nhân được đào thải ra ngoài qua đường bài tiết [2]. Lượng chất thải lỏng lưu giữ: 30 lít / 01 ngày/ 1 bệnh nhân

4.2 Tính toán

Để tính các thông số của hệ thống bể, các công thức cần được sử dụng như sau:

- ❖ Hoạt độ tích lũy chất thải phóng xạ trong bể

$$TA(n) = A \times \sum_{i=0}^{n-1} e^{-i\lambda\Delta t} \rightarrow \frac{A}{1 - e^{-\lambda\Delta t}} \text{ với } n \rightarrow \infty$$

- Trong đó:
- TA: Hoạt độ tích lũy của 1 bể khi dừng tích lũy
 - A: Hoạt độ phóng xạ chất thải bắt đầu được lưu vào bể
 - n: Số lần tích lũy chất thải vào bể
 - Δt : Thời gian giữa hai lần chất thải tích lũy vào bể

- ❖ Tính thể tích 1 bể trong hệ thống bể

$$V = B \times X \times L$$

- Trong đó:
- B: Số bệnh nhân trong thời gian X
 - X: Thời gian tích lũy chất thải đầy 1 bể
 - L: Lượng chất thải từ bệnh nhân trong 1 ngày

- ❖ Tính lượng chất thải ra hàng năm

$$V_t = N \times T \times L$$

- Trong đó:
- V_t : Tổng lượng chất thải ra hàng năm
 - N: Số bệnh nhân điều trị trong một năm
 - T: Số ngày bệnh nhân lưu lại tại bệnh viện
 - L: Lượng chất thải từ bệnh nhân trong 1 ngày

- ❖ Hoạt độ riêng của chất thải trong bể khi bể dừng tích lũy

$$C_0 = \frac{TA}{V}$$

- Trong đó:
- C_0 : Hoạt độ riêng của nước thải
 - TA: Hoạt độ của chất thải lúc cao nhất trong 1 bể
 - V: Thể tích trong 1 bể

- ❖ Mức hoạt độ riêng cho phép của chất thải phóng xạ lỏng

$$C = \frac{A}{V_t}$$

- Trong đó:
- C: Mức hoạt độ riêng của chất thải lỏng phóng xạ đầu ra.
 - A: Mức hoạt độ phóng xạ cho phép thải ra môi trường / năm.
 - V_t : Lượng chất thải phóng xạ lỏng thải hàng năm của một cơ sở

- ❖ Thời gian lưu giữ trong 1 bể

$$C = C_0 e^{-\lambda t}$$

$$\Rightarrow t = -\frac{1}{\lambda} \ln\left(\frac{C}{C_0}\right) = -\frac{T_{1/2}}{\ln 2} \ln\left(\frac{C}{C_0}\right)$$

- Trong đó:
- t: Thời gian chờ (lưu giữ) chất thải trong 1 bể
 - $T_{1/2}$: Chu kỳ bán rã
 - C_0 : Hoạt độ riêng chất thải trong 1 bể khi đầy
 - C: Hoạt độ riêng mức cho phép thanh lý xả thải

- ❖ Tính số lượng bể cần trong hệ thống

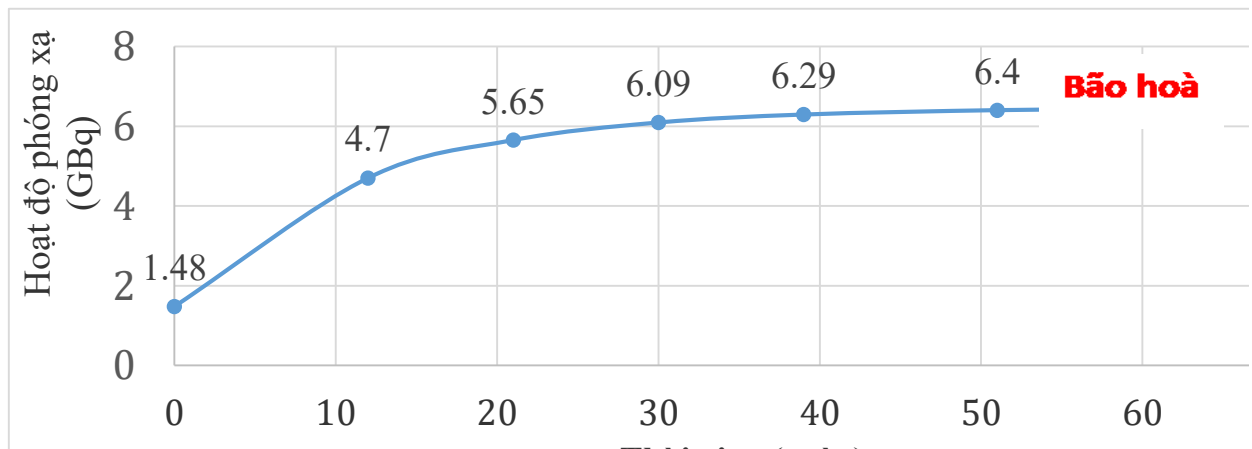
$$TP = X + t \quad TN = \frac{TP}{X}$$

- Trong đó:
- TN: Số lượng bể cần thiết để hệ thống hoạt động tuần hoàn.
 - X: Thời gian tích lũy chất thải đầy 1 bể
 - TP: Tổng thời gian chất thải trong 1 bể
 - t: Thời gian chờ phân rã chất thải trong 1 bể

5. Kết quả

5.1 Kết quả nội dung 1

Các công thức tính toán được áp dụng, đồ thị hoạt độ tích lũy theo thời gian được xây dựng trên phần mềm excel. Kết quả chỉ ra rằng sau khoảng 60 ngày tích lũy, hoạt độ của bể lưu sẽ không tăng lên cho dù bể tiếp tục tích lũy chất thải phóng xạ, hoạt độ phóng xạ của bể lưu đạt tới trạng thái bão hoà.



Hình 1. Đồ thị thể hiện hoạt độ tích lũy trong bể lưu đạt trạng thái bão hoà

Bảng kết quả tính toán các thông số hệ thống bể như sau:

Bảng 1. Các thông số hệ thống bể nhiều bể nhỏ lưu giữ chất thải phóng xạ lỏng cho phương thức điều trị liên tiếp từng bệnh nhân.

Các phương án lựa chọn theo thời gian tích lũy (ngày)	I (12)	II (21)	III (30)	IV (39)	V (51)	VI (60)
Hoạt độ (cao nhất) lúc dừng tích lũy (GBq)	4,70	5,65	6,09	6,29	6,40	6,43
Hoạt độ riêng (cao nhất) của chất thải trong một bể (MBq/lít)	13,05	8,97	6,77	5,37	4,18	3,57
Tổng lượng chất thải, thải ra hàng năm (lít)	10800					
Mức hoạt độ riêng chất thải trong bể được phép thanh lý (Bq/lít)	926					
Thời gian lưu (chờ phân rã) 1 bể (ngày)	110,3	105,9	102,7	100,0	97,1	95,3
Tổng thời gian chất thải trong bể (ngày)	122,3	126,9	132,7	139,0	148,1	155,3
Số lượng bể tính theo nhu cầu (bể)	12,2	6,0	4,4	3,6	2,9	2,6
Số lượng bể thải cần trong hệ thống tuần hoàn	13	6	5	4	3	3

(cái, bể)						
Thể tích 1 bể trong hệ thống (lít)	360	630	900	1170	1530	1800
Thời gian chất thải tích lũy vào đầy 1 bể (ngày)	12	21	30	39	51	60

Bể lưu thải 02 ngăn cổ điển sẽ được so sánh với tính toán thiết kế bể lưu có hoạt độ đạt trạng thái bão hoà như sau:

Bảng 2. Bảng so sánh thông số cơ bản của hệ thống bể lưu giữ hai ngăn cổ điển và bể lưu giữ 3 bể nhỏ cho phương thức điều trị liên tục

	Bể thiết kế hai ngăn cổ điển	Hệ thống bể thiết kế mới ở trạng thái bão hoà
Số lượng bể (ngăn) trong hệ thống	2	3
Thể tích 1 bể trong hệ thống (lít)	7000	1800
Thời gian tích lũy chất thải vào đầy bể (ngày)	210	60
Thời gian lưu giữ chất thải trong bể (ngày)	210	95
Bề dày bê tông che chắn / Tường rào cách ly	~ 50cm trên bề mặt	Xây tường cách ly trong không khí 1m

5.2 Kết quả nội dung 2

Hiện nay trên thị trường có các bể chứa inox thương mại, có độ bền cao, dung tích là 2.000 lit nên đề tài sẽ tính toán thiết kế sử dụng loại bể này. Dựa theo các công thức tính toán, bảng kết quả tính toán thông số hệ thống gồm nhiều bể nhỏ lưu giữ chất thải lỏng phóng xạ cho phương thức điều trị theo đợt tập trung: 20 bệnh nhân x 02 đợt / 01 tháng theo thể tích bể nhỏ lưu 2000 lit.

Bảng 3. Thông số hệ thống bể lưu giữ chất thải phóng xạ cho 20 bệnh nhân X 02 đợt / 01 tháng

Thời gian tích lũy chất thải (ngày)	30
Hoạt độ lúc cao nhất trong 1 bể (GBq)	21,8
Thời gian lưu (chờ) phân rã trong 1 bể (ngày)	105,4
Số lượng bể thải cần trong hệ thống tuần hoàn	5
Thể tích 1 bể trong hệ thống (lít)	1800
Che chắn	Xây tường cách ly 1m trong không khí

(Thể tích 1 bể tính toán theo lý thuyết là 1800l, đề tài chọn loại bể inox 2000l có hệ số an toàn 0,1 ~ 1980l)

6. Bàn luận

Chúng tôi tin rằng khi IAEA đưa ra khuyến cáo *qua IAEA tecdoc series, No.1714* chắc chắn đã tiến hành nghiên cứu kỹ cả về tính toán lẫn thực nghiệm rồi. Đồng thời điều kiện thực tế hiện nay không cho phép chúng tôi tiến hành nghiên cứu thực nghiệm với các mô hình và các phép đo thực tế mà chỉ tính toán theo lý thuyết mà thôi.

Qua tính toán với khả năng điều trị 10 bệnh nhân / 1 tháng, hệ thống bể nhiều bể nhỏ dùng lưu giữ chất thải lỏng phóng xạ của bệnh nhân k giáp điều trị liên tục có nhiều ưu điểm hơn và vẫn đảm bảo mức xả thải theo quy định:

Bảng 4. Liệt kê ưu điểm hệ thống bể nhiều bể nhỏ lưu chất thải lỏng phóng xạ theo phương thức điều trị liên tục so với bể hai ngăn

Thời gian lưu giữ	Giảm từ 210 ngày xuống 95 ngày
Thể tích 1 bể (ngăn)	Giảm từ 7000 l xuống 2000 l (Có thể sử dụng bình inox chống oxi hoá 2000l, để nổi)
Che chắn	Việc xây dựng bể bê tông dày (~50 cm bề mặt), xây dựng chìm tốn kém. Việc trang bị các bể inox chống oxi hoá, chi phí thấp hơn.
Nâng cấp khi nhu cầu bệnh nhân tăng lên	Bể xây chìm ít có khả năng nâng cấp lưu trữ Hệ thống nổi dễ dàng nâng cấp
Xả thải	Bể xây chìm phải dùng máy bơm bơm hút cưỡng bức Hệ thống nổi tự xả thải theo áp suất

7. Kết luận

Tính toán lý thuyết của nghiên cứu đã khẳng định rằng hệ thống bể lưu chất thải lỏng phóng xạ mới (hệ thống gồm nhiều bể nhỏ) có nhiều ưu điểm về thiết kế, an toàn phóng xạ hơn, dễ sửa chữa nâng cấp, chi phí xây dựng thấp nhưng vẫn đảm bảo an toàn phóng xạ, mức xả thải đúng quy định theo thông tư 22.

Kết quả tính toán lý thuyết cho cơ sở có khả năng điều trị 20 bệnh nhân / 2 đợt / 1 tháng làm cơ sở ban đầu cho việc lên kế hoạch xây dựng cơ sở vật chất của cơ sở Y học Hạt nhân.

Tài liệu tham khảo

1. **Mai Trọng Khoa** , "Điều trị bệnh Basedow và ung thư tuyến giáp thể biệt hóa bằng I-131"; Nhà xuất bản Y học, năm 2013, Bộ môn Y học Hạt nhân - Trường Đại học Y Hà Nội và Trung tâm Y học Hạt nhân và Ung bướu - Bệnh viện Bạch Mai

2. **IAEA tecdoc series, No.1714**, "Management of discharge of low level liquid radioactive waste generated in Medical, educational, research and industrial facilities"

3. **Bộ Khoa học & Công nghệ, thông tư 22/2014/TT-BKHCN ban hành ngày 25/8/2014**, "Quy định về quản lý chất thải phóng xạ và chất phóng xạ đã qua sử dụng, mức cho phép thải ra môi trường đối với chất thải phóng xạ lỏng"

4. **Bộ Y tế, quyết định số 705/QĐ-BYT ban hành ngày 28/02/2014** , "Hướng dẫn quy trình kỹ thuật khám bệnh, chữa bệnh chuyên ngành Y học Hạt nhân"