

Chế tạo và đánh giá khả năng sử dụng liều kế $\text{CaSO}_4:\text{Tm}$ trong đo liều tích lũy môi trường lòng đất

Fabrication and evaluation of the usability of $\text{CaSO}_4:\text{Tm}$ dosimeters for measuring cumulative doses of underground environment

Trần Ngọc^{a,b,*}, Trần Thị Hoài Giang^c, Châu Ngọc Anh Minh^c
Ngoc Tran^{a,b,*}, Hoai Giang Thi Tran^c, Ngoc Anh Minh Chau^c

^a*Viện Nghiên cứu và Phát triển Công nghệ Cao, Trường Đại học Duy Tân, Đà Nẵng, Việt Nam*

^b*Khoa Khoa học Tự nhiên, Trường Đại học Duy Tân, Đà Nẵng, Việt Nam*

^c*Khoa Khoa học Tự nhiên, Trường Đại học Quảng Bình*

^a*Institute of Research and Development, Duy Tan University, Da Nang, 550000, Vietnam*

^b*Faculty of Natural Sciences Duy Tan University, Da Nang, 550000, Vietnam*

^c*Faculty of Natural Sciences, Quang Binh University*

(Ngày nhận bài: 15/5/2020, ngày phản biện xong: 30/5/2020, ngày chấp nhận đăng: 20/8/2020)

Tóm tắt

Bài báo giới thiệu công nghệ chế tạo và các tính chất nhiệt phát quang của liều kế trên cơ sở vật liệu $\text{CaSO}_4:\text{Tm}$. Kết quả nghiên cứu đánh giá khả năng sử dụng trong đo liều phóng xạ cho thấy liều kế chế tạo từ vật liệu $\text{CaSO}_4:\text{Tm}$ có tốc độ suy giảm tín hiệu khá thấp (vào khoảng 2,0%), có độ nhạy cao (vào khoảng μGray) và có độ ổn định nhiệt, cơ, hoá và quang học cao,... Đây là các thông số phù hợp với tiêu chí sử dụng liều kế $\text{CaSO}_4:\text{Tm}$ trong việc đo liều tích lũy môi trường lòng đất.

Từ khóa: Liều kế nhiệt phát quang; suy giảm tín hiệu; liều tích lũy; độ chính xác riêng.

Abstract

The article introduces the fabrication technology and the thermoluminescent properties of dosimeters based on $\text{CaSO}_4:\text{Tm}$. The results of radiation-dose measurements showed that the dosimeters based on $\text{CaSO}_4:\text{Tm}$ powder have a low rate of fading (about 2,0%), high sensitivity (about μGray), high thermostability, mechanical durability and photostability. It is worth noting that these dosimeters can be used to measure accumulative radiation doses of underground environment.

Keywords: Thermoluminescent dosimeters; fading; cumulative dose; intrinsic precision.

1. Giới thiệu

Đối với môi trường lòng đất, sự phân bố các tác nhân phóng xạ tập trung nhiều ở các nền địa chất như: trên nền đá macma, trên các dị thường sa khoáng ven biển (ilmenit, titan) phát triển các trầm tích Đệ tứ, trên các đứt gãy của

kiến tạo địa chất, hoặc vật liệu xây dựng nhà như gạch, ngói đốt bằng những loại than có hoạt độ phóng xạ cao [1,2,3]. Việc biết và kiểm soát ảnh hưởng của môi trường tự nhiên đến cuộc sống của người dân là cần thiết nhằm giảm thiểu những rủi ro gây ra trong hiện tại và

* *Corresponding Author:* Institute of Research and Development, Duy Tan University, Da Nang, 550000, Vietnam; Faculty of Natural Sciences Duy Tan University, Da Nang, 550000, Vietnam.
Email: daotaqb@gmail.com

trương lai. Vì vậy, điều cần thiết và cấp bách là phải điều tra, đánh giá lập nên bản đồ phóng xạ môi trường lòng đất nhằm xác định giá trị tổng liều tích lũy trung bình năm của bức xạ tự nhiên. Từ đó có thể giúp kiểm soát ô nhiễm môi trường về mặt bức xạ và đưa ra các biện pháp xử lý kịp thời, làm cơ sở khoa học cho việc quy hoạch sử dụng đất, phát triển thương mại, du lịch,... bảo đảm sự phát triển kinh tế bền vững và bảo vệ sức khoẻ cho cộng đồng dân cư.

Hiện nay có rất nhiều thiết bị đo bức xạ như: máy theo dõi phóng bức xạ môi trường khí; liều kế môi trường; liều kế cá nhân đang được sử dụng tại các bệnh viện, viện nghiên cứu, nhà máy để theo dõi mức phóng xạ tích lũy tại các cơ sở này. Tuy nhiên với môi trường lòng đất, do suất liều bức xạ thường rất nhỏ vào cỡ 10^{-5} gray (liều tổng cộng bức xạ tự nhiên gây ra khoảng 2,4 mSv/năm đối với người dân, trong đó khoảng 1,3 mSv nhận từ Radon trong không khí, khoảng 0,38 mSv từ không gian như các tia vũ trụ, khoảng 0,46 mSv từ đất) và thay đổi theo tính chất của cấu trúc địa chất, nên việc quan sát phải thường xuyên và thường phải thực hiện trong thời gian rất dài, có khi tới hàng năm [1,2,4,5]. Mặt khác, vì quy trình theo dõi được tiến hành ở thực địa ngoài trời nên đòi hỏi các liều kế phải có sức chịu đựng hóa học và độ ẩm cao. Vì vậy phương pháp sử dụng các liều kế nhiệt phát quang (NPQ) đang là phương pháp tối ưu nhất, bởi những liều kế NPQ thường rất nhạy và có độ suy giảm tín hiệu (fading) theo thời gian thấp, độ ổn định nhiệt, cơ, hoá và quang học cao [5,6,7].

Ở các nước, để đo liều tích lũy môi trường lòng đất, cho tới nay người ta sử dụng nhiều nhất vẫn là liều kế chế tạo từ vật liệu $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ (TLD-900) hoặc $\text{CaSO}_4:\text{Tm}$ vì chúng có tốc độ suy giảm vào loại thấp nhất so với các vật liệu NPQ khác và đều có độ nhạy rất cao (vào cỡ

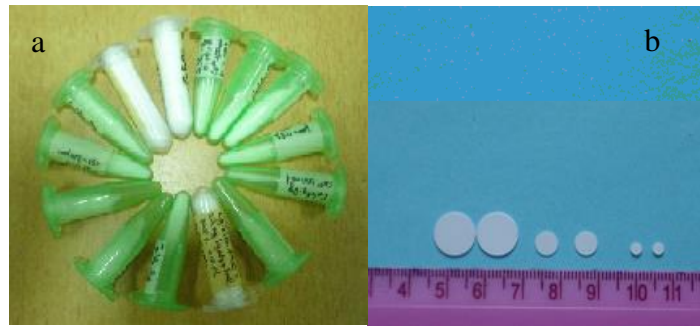
$1\mu\text{Gray}$), đây là các thông số phù hợp với tiêu chí của liều kế đo liều tích lũy môi trường [7,8,9,10]. Tuy nhiên do giá thành rất cao (cỡ 5 USD/1 liều kế) lại không chủ động trong việc triển khai thực nghiệm vì phụ thuộc vào khả năng nhập ngoại. Vì vậy trong những năm gần đây, loại liều kế $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ đã được nghiên cứu và chế tạo thành công ở một số phòng thí nghiệm ở Việt Nam và chúng tôi là một trong các nhóm đó. Chúng tôi đã hoàn toàn làm chủ được công nghệ chế tạo liều kế bột và công nghệ ép viên. Các liều kế chúng tôi chế tạo có chất lượng gần tương đương với chất lượng liều kế cùng loại ngoại nhập, nhưng giá thành rẻ hơn rất nhiều. So với vật liệu $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ thì vật liệu $\text{CaSO}_4:\text{Tm}$ có độ nhạy tương đương nhưng có độ ổn định tín hiệu theo thời gian và chịu ẩm tốt hơn, giá thành Tm rẻ hơn.

Trong bài báo này chúng tôi giới thiệu công nghệ chế tạo, các tính chất nhiệt phát quang và các nghiên cứu đánh giá khả năng sử dụng của liều kế trên cơ sở vật liệu $\text{CaSO}_4:\text{Tm}$ trong ứng dụng đo liều tích lũy môi trường lòng đất.

2. Phương pháp thực nghiệm

- Các phối liệu ban đầu để chế tạo liều kế $\text{CaSO}_4:\text{Tm}$ gồm: CaSO_4 ; H_2SO_4 và Tm_2O_3 cùng với nước cất. Để hạn chế tối đa các tạp ngoại lai xuất hiện trong quá trình chế tạo, thì sản phẩm phải xuất phát trực tiếp từ các vật liệu nền ban đầu không thông qua các phản ứng chuyển đổi khác. Chúng tôi đã chọn phương pháp “tái kết tinh trong môi trường axit dư” để chế tạo vật liệu này. Có 3 giai đoạn quan trọng trong quy trình chế tạo là:

- + Giai đoạn tái kết tinh được thực hiện ở 280°C ;
- + Giai đoạn nung thiêu kết để có được sản phẩm bột ở 700°C ;
- + Giai đoạn ủ để ổn định cấu trúc ở 400°C .



Hình 1. Một số sản phẩm liều kế $\text{CaSO}_4:\text{Tm}$: dạng capsule (a) và dạng viên nén (b)

Sau khi chế tạo, mẫu đã được kiểm tra cấu trúc bằng phép đo nhiễu xạ tia X để đảm bảo sản phẩm thu được là đơn pha, sạch, không lẫn các tạp lạ, đây là điều kiện đảm bảo tính ổn định của liều kế khi sử dụng.

- Các phép đo đường cong nhiệt phát quang tích phân và đọc liều được thực hiện trên máy đo thương mại HARSHAW-D 3500 có sử dụng khay đo. Các phép đo được thực hiện trong dải nhiệt độ từ 40°C đến 350°C có chế độ preheat ở 40°C .

- Liều γ được thực hiện từ nguồn Co^{60} chuẩn (đến cGy)

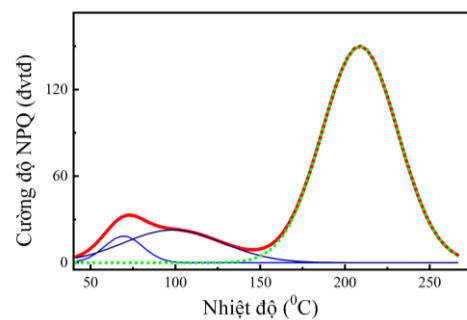
- Việc sử dụng vật liệu đo liều (đặc biệt là trong đo liều tích lũy môi trường lòng đất) ở dạng bột thường có độ nhạy cao nhưng lại gặp nhiều khó khăn trong khâu triển khai ứng dụng và đặc biệt là tính ổn định của liều kế. Vì vậy, chúng tôi đã tìm hiểu công nghệ và ban đầu đã ép thành công viên nén bằng công nghệ ép cơ học (không dùng phụ gia) trước khi thiêu kết. Hình 1 là một số sản phẩm liều kế $\text{CaSO}_4:\text{Tm}$ chúng tôi đã chế tạo dạng capsule (a) và dạng viên nén (b).

3. Kết quả và thảo luận

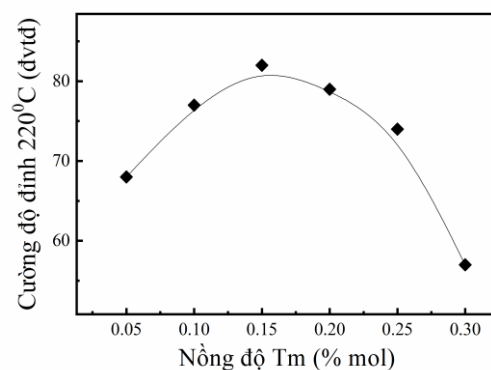
3.1. Đánh giá nồng độ tạp Tm tối ưu cho hiệu suất phát quang của vật liệu

Hiệu suất phát quang thể hiện chất lượng của sản phẩm liều kế phụ thuộc rất mạnh vào nồng độ tạp (Tm) khi vào cấu trúc nền (CaSO_4), nói cách khác là phụ thuộc vào tỷ lệ thành phần các

phối liệu ban đầu. Thường thì hiệu suất phát quang được kiểm tra thông qua hiệu suất phát quang của đỉnh dùng đo liều ở 210°C (Hình 2). Sau mỗi mẻ chế tạo chúng tôi đã điều chỉnh nồng độ tạp và đã chọn được nồng độ tạp Tm tối ưu là 0,17 Mol% (Hình 3).



Hình 2. Đường cong NPQ của $\text{CaSO}_4:\text{Tm}$ (0,17% mol), γ (300mGy), α (2°C/s)

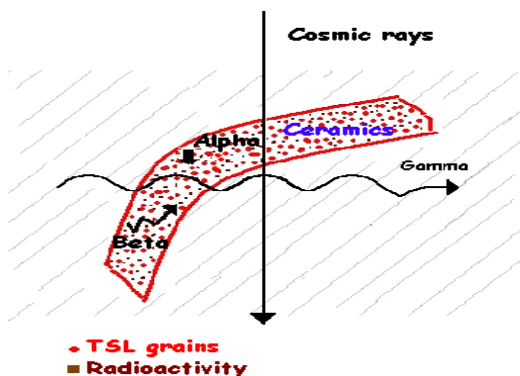


Hình 3. Sự phụ thuộc hiệu suất phát quang của đỉnh 210°C vào nồng độ Tm có trong mẫu

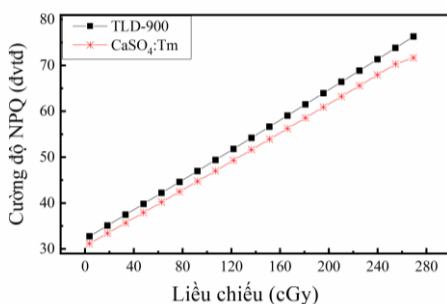
3.2. Đánh giá khả năng đáp ứng liều γ của liều kế $\text{CaSO}_4:\text{Tm}$

Một trong những chỉ tiêu quan trọng nhất khi chế tạo các liều kế với mục đích đo liều môi

trường là sự đáp ứng liều bức xạ của vật liệu và khoảng tuyến tính của nó [5,9]. Cũng cần lưu ý, sự đáp ứng liều bức xạ của vật liệu phụ thuộc vào khả năng gây ion hóa và bản chất của các tia phóng xạ, vì vậy thông thường ta phải khảo sát sự đáp ứng liều của vật liệu theo tính chất liều α , β , γ , và tia vũ trụ (cosmic). Tuy nhiên thực tế trong môi trường lòng đất, do độ đâm xuyên của các tia α , β là rất nhỏ (tia $\alpha \sim 0,01 - 0,05$ mm; tia $\beta \sim 2 - 3$ mm; tia $\gamma \sim 30$ cm; cosmic ~ 100 cm) (Hình 4), vì vậy chúng chỉ gây ra tác dụng ion hóa cục bộ (gọi là liều chiếu trong) mà không ảnh hưởng nhiều đến môi trường ngoài (liều chiếu ngoài) [4,8]. Vì vậy khi xây dựng đường đáp ứng liều cho liều kế môi trường lòng đất chúng ta ít quan tâm đến liều chiếu trong mà chủ yếu nhất vẫn là liều chiếu ngoài. Với lý do như vậy, nên chúng tôi chỉ xây dựng đáp ứng liều γ . Vì liều môi trường lòng đất thường rất nhỏ nên chúng tôi đã tiến hành xây dựng đường đáp ứng liều từ 0cGy đến 270cGy (đối với liều γ từ nguồn chiếu xạ Co^{60}), kết quả cho ở Hình 5.



Hình 4. Độ đâm xuyên của các loại bức xạ trong lòng đất α , β , γ

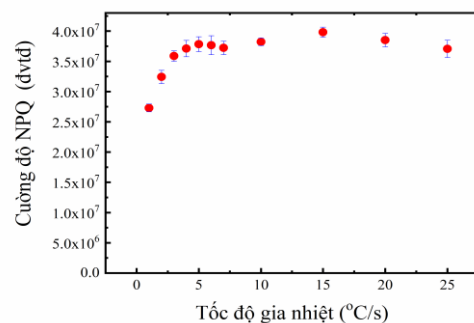


Hình 5. Đáp ứng liều γ của liều kế thương mại TLD-900 và liều kế chế tạo $CaSO_4:Tm$

Đường đáp ứng liều cho ta thấy có hệ số quy hồi tuyến tính đạt 0,9986 là khá cao (phản ánh độ tin cậy của các phép đo thực nghiệm) và hoàn toàn không phi tuyến ở vùng liều thấp. So sánh kết quả này với kết quả thực nghiệm trên liều kế thương mại do hãng HARSHAW (Mỹ) chế tạo TLD-900 (Hình 5) có hệ số hồi quy tuyến tính đạt 0,9998 là gần tương đương nhau. Kết quả này cho thấy có thể sử dụng các liều kế này trong đo liều tích lũy môi trường lòng đất với kết quả chấp nhận được.

3.3. Đánh giá khả năng đáp ứng tín hiệu NPQ theo tốc độ gia nhiệt

Diễn biến của tín hiệu NPQ theo tốc độ gia nhiệt được khảo sát trong khoảng từ 1°C/giây đến 25°C/giây. Khi tốc độ gia nhiệt lớn hơn 25°C/giây thường gây ra sự trễ nhiệt ảnh hưởng rất lớn đến kết quả đọc liều. Ngoài ra, sự trễ nhiệt còn bị ảnh hưởng mạnh hơn đối với mẫu bột có sử dụng khay đo. Kết quả thực nghiệm đánh giá độ đáp ứng tín hiệu NPQ theo tốc độ gia nhiệt cho liều kế $CaSO_4:Tm$ được biểu diễn trên Hình 6. Phân tích đường thực nghiệm ta thấy: khi tốc độ gia nhiệt thay đổi trong khoảng từ 1 đến 5°C/giây thì cường độ NPQ thay đổi mạnh và tăng theo tốc độ gia nhiệt. Khi tốc độ lớn hơn 5°C/giây, thì cường độ NPQ thay đổi rất ít theo tốc độ gia nhiệt. Kết quả này là cơ sở để lựa chọn chế độ tốc độ gia nhiệt trong quá trình đọc liều.



Hình 6. Sự phụ thuộc của tín hiệu NPQ vào tốc độ gia nhiệt

3.4. Đánh giá độ suy giảm tín hiệu NPQ (fading) theo thời gian lưu giữ

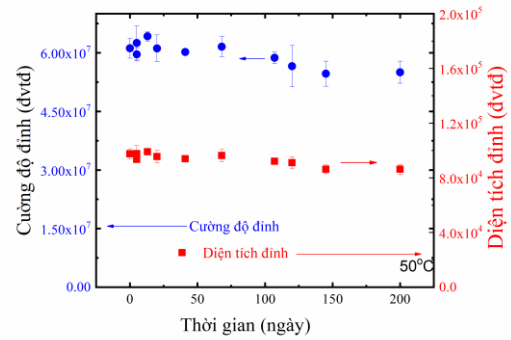
Độ ổn định tín hiệu theo thời gian lưu giữ liệu kể là một thông số không thể thiếu và mang tính quyết định đến độ chính xác của phép đọc liệu (đặc biệt là các liệu kế dùng trong đo liệu tích lũy có thời gian thực nghiệm rất dài, có khi đến hàng năm). Vì vậy, tiêu chuẩn để có một liệu kế tốt phải có độ suy hao của tín hiệu NPQ theo thời gian cất giữ mẫu sau khi đã chiếu xạ (còn gọi là hiệu ứng fading) phải nhỏ (thường nhỏ hơn 7%/tháng) và có quy luật rõ rệt.

Có 3 nguyên nhân gây ra sự fading [2]:

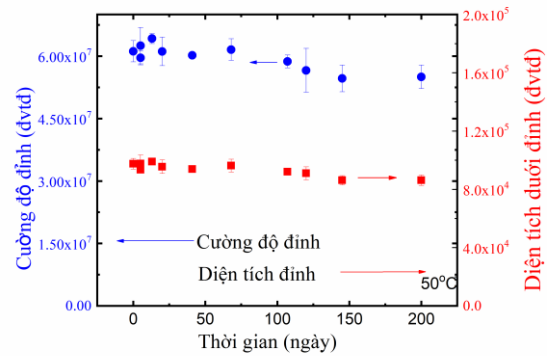
- + Fading nhiệt (do ở nhiệt độ càng cao thì xác suất giải phóng điện tử trên bẫy lớn hay nói cách khác sự mất tín hiệu càng lớn);
- + Fading quang (sự mất tín hiệu do sự tẩy trắng bởi mẫu bị lộ sáng (bleaching));
- + Fading di thường (không đáng kể so với 2 loại trên).

Cách đánh giá độ suy giảm tín hiệu NPQ khá đơn giản nhưng rất công phu, do thời gian thực hiện khảo sát rất dài (nhiều tháng). Ngoài ra, các điều kiện ngoại cảnh như nhiệt độ, độ ẩm cũng như việc đảm bảo hệ đo luôn ổn định tại các thời điểm đo khác nhau để không ảnh hưởng đến kết quả đo. Với điều kiện của phòng thí nghiệm, chúng tôi cố gắng thực hiện để đáp ứng điều kiện tốt nhất (ví dụ nơi giữ mẫu, điều kiện thực hiện các phép đo NPQ trong ánh sáng đỏ để chống hiệu ứng tẩy trắng tín hiệu...) [5].

Để đánh giá độ suy hao tín hiệu NPQ theo thời gian, lô mẫu sau khi chế tạo và chiếu xạ được đóng vào capsule. Nhằm hạn chế các yếu tố ngoại cảnh chi phối khi mẫu được cất giữ trong thời gian dài, như ảnh hưởng độ ẩm của môi trường, sự thăng giáng nhiệt độ ngày đêm, các mùa... Lô mẫu được chia thành 2 nhóm (mỗi nhóm 6 capsule), một nhóm được để vào hộp kín sáng (ở nhiệt độ phòng), một nhóm được cất giữ trong tủ sấy ở nhiệt độ 50°C của phòng thí nghiệm có hút ẩm.



Hình 7. Độ suy giảm tín hiệu NPQ theo thời gian (mẫu được giữ ở nhiệt độ phòng)



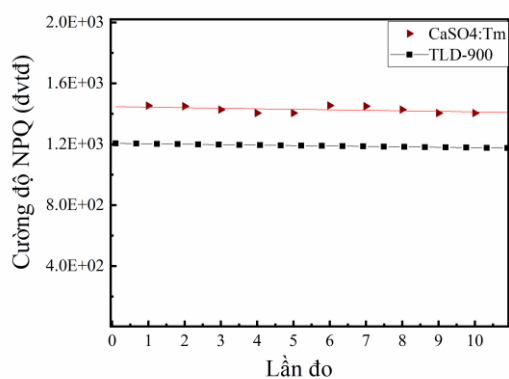
Hình 8. Độ suy giảm tín hiệu NPQ theo thời gian (mẫu được giữ ở 50 °C)

Kết quả của khảo sát này thể hiện ở Hình 7 và Hình 8, ta có nhận xét: Độ lớn và tốc độ suy hao tín hiệu khi mẫu được giữ ở nhiệt độ phòng và ở 50°C gần như không khác nhau, điều này cho thấy đỉnh dùng để đo liệu ở 220°C vẫn ổn định ở 50°C. Độ suy hao tín hiệu xảy ra khá lớn ở 2 tháng đầu (khoảng 4,5%), còn các tháng sau đó ổn định hơn (chỉ khoảng 2,0%) và tuyến tính theo thời gian. Trong giới hạn khảo sát 6 tháng đã bắt đầu quan sát được sự bảo hoà tín hiệu. Quy luật suy giảm tín hiệu NPQ theo thời gian sẽ là một thông số để hiệu chỉnh kết quả đọc liệu. Do thời gian khảo sát còn ngắn, các điều kiện lưu giữ mẫu chưa đạt được tối ưu nhất, nên có thể kết quả này chưa đủ tốt để lập dự báo về sự suy giảm tín hiệu theo thời gian một cách tuyệt đối, tuy nhiên các kết quả này có thể chấp nhận được đưa vào hiệu chỉnh kết quả đọc liệu khi lô mẫu được sử dụng.

3.5. Đánh giá độ chính xác riêng (intrinsic precision)

Thông số quan trọng đầu tiên có ảnh hưởng rất lớn đến sai số và độ ổn định của sự hấp thụ liều của liều kế là độ chính xác riêng (hay còn gọi là độ đồng nhất) của sản phẩm sau khi chế tạo. Theo Hiệp hội Xạ trị châu Âu ESTRO [6], để đánh giá đúng độ chính xác riêng thì các mẫu xác định cần được lấy ngẫu nhiên trong một lô sản phẩm, sau đó chiếu cùng một liều, xử lý nhiệt theo cùng một qui trình và đọc liều bằng cách giữ nguyên mọi thông số của máy đọc. Thường thì độ đồng nhất này được thực hiện bằng 10 phép đọc liều của 10 mẫu được lấy ngẫu nhiên trong cùng một lô sản phẩm theo quy trình đọc liều NPQ chuẩn, nếu độ lệch chuẩn của 10 phép đo này trong khoảng lân cận 2% thì cả liều kế và hệ thống đọc liều được chấp nhận trong ứng dụng [2,3,6].

Quy trình đánh giá độ đồng nhất như sau: Trộn đều mẫu trong một lô mẫu chế tạo, lấy ra 200 mg mẫu và chiếu xạ bằng nguồn Co^{60} chuẩn với suất liều 1Gy (không tiến hành rửa nhiệt mà thực hiện đo NPQ ngay sau khi chiếu). Mẫu được định lượng bằng cách đong thể tích, khối lượng mẫu đo trong khoảng 10 mg/mẫu cho mỗi lần đọc.



Hình 9. Kết quả kiểm tra độ chính xác riêng qua 10 lần đọc TL trên một lô mẫu

Kết quả của 10 phép đo xác định độ đồng nhất của lô mẫu này thể hiện trên Hình 9. Trên cơ sở đó ta xác định được độ lệch chuẩn trung bình kết quả đọc liều sử dụng liều kế $CaSO_4:Tm$ chế tạo vào cỡ 1,95%. Trong khi đó với liều kế thương mại TLD-900 có độ lệch chuẩn trung bình cỡ 1,3%. Như vậy, tuy rằng độ lệch chuẩn của lô mẫu chế tạo còn lớn hơn so với TLD-900, nhưng có thể nói lô mẫu sản xuất đã đạt yêu cầu, độ lệch nằm trong giới hạn cho phép trong đánh giá liều và được chấp nhận để sử dụng (không quá 2%).

3.6. Đánh giá khả năng ứng dụng thực tế trong đo liều tích lũy lòng đất

Hai loại liều kế TLD-900 (thương mại) và $CaSO_4:Tm$ (liều kế tự chế tạo) được sử dụng song song để đánh giá khả năng ứng dụng trong đo liều tích lũy lòng đất. Các điều kiện tiến hành thí nghiệm hoàn toàn giống nhau: thời gian, cách bố trí thí nghiệm, các điều kiện đọc liều ...12 gói liều kế được đặt theo hàng dọc theo ống gel và hàn kín hai đầu để chống xâm nhập của nước đã được dùng để khảo sát, thời gian khảo sát từ đầu tháng 8/2018 đến hết tháng 2/2019 (6 tháng), ở độ sâu > 2,5cm (so với mặt đất) gần mỏ titan (sau khi khai thác) thuộc thôn Xóm Đồn, xã Sen Thủy, huyện Lệ Thủy, tỉnh Quảng Bình (khu vực cận dân cư). Kết quả trình bày trong Bảng 1.

Bảng 1. Kết quả đánh giá liều tích lũy sau 6 tháng ở mỏ titan (sau khi khai thác) ở thôn Xổm Đồn, xã Sen Thủy, huyện Lệ Thủy, tỉnh Quảng Bình.

Liều kế	Cường độ I_{TL} ($\times 10^3 nC$)			I_{TL} (TB)	Δ_I	D (μSv)	Δ_D	Ghi chú
	Lần 1	Lần 2	Lần 3					
TLD-900 (CaSO ₄ :Dy) (thương mại)	16323	17316	16792	16810,3	488,1	947,4	27,1	Hệ số RCF = 17,9
	15251	15292	16266	15603,2	353,7	880,0	19,6	
	13909	15027	17041	15325,6	1418,2	864,5	79,1	
	Tổng liều TB: $897,3 \pm 41,8$ (μSv)			Liều tích lũy: $897,3 \mu Sv / 6th/30ng/24gi\ddot{a} = 0,208 \pm 0,015 \mu Sv/h$				
CaSO ₄ :Tm (tự chế tạo)	16541	17741	16511	16931,0	418,3	945,8	23,3	
	13960	17294	14346	15200,4	1238,0	849,1	69,1	
	14905	17110	14850	15621,6	770,9	872,7	43,0	
	Tổng liều TB: $889,1 \pm 45,1$ (μSv)			Liều tích lũy: $889,1 \mu Sv / 6th/30ng/24gi\ddot{a} = 0,206 \pm 0,015 \mu Sv/h$				

Trong đó: $I_{TL}(TB)$: cường độ tín hiệu trung bình 3 lần đo 3 vị trí

Δ_I : độ lệch chuẩn trung bình 3 lần đo 3 vị trí

D: liều áp chuẩn (liều thực tế xác định được)

Δ_D : độ lệch chuẩn trung bình liều (3 vị trí)

RCF: hệ số chuẩn máy (reader calibration factor)

Nếu lấy liều kế thương mại TLD-900 làm chuẩn, so sánh kết quả xác định liều tích lũy thu được từ hai loại liều kế ($D_{TLD-900} = 0,208 \pm 0,015 \mu Sv/h$ và $D_{CaSO_4:Tm} = 0,206 \pm 0,015 \mu Sv/h$) ta thấy rằng độ ổn định và khả năng đáp ứng các điều kiện thực tế đều tương đương nhau. Tuy nhiên độ nhạy của TLD-900 lớn hơn, điều này phù hợp với các nghiên cứu trước đây [7,10].

4. Kết luận

Các kết quả nghiên cứu chế tạo và đánh giá chất lượng của liều kế chế tạo trên cơ sở nền CaSO₄ pha tạp Tm đã chỉ ra rằng: Các liều kế chế tạo từ vật liệu CaSO₄:Tm có khả năng đáp ứng tuyến tính liều gamma (đặc biệt trong khoảng liều thấp). Loại vật liệu này có tốc độ suy giảm tín hiệu xảy ra khá lớn ở 2 tháng đầu (4,5%) còn các tháng sau đó chỉ khoảng 2,0% và tuyến tính theo thời gian, trong giới hạn khảo sát (6 tháng) lưu giữ trong môi trường ở

nhệt độ phòng và ở 50⁰C đã bắt đầu quan sát được sự bão hoà. Độ nhạy xác định định liều khá cao (vào cỡ $\mu Gray$) và có độ ổn định nhiệt, cơ, hóa và quang học cao, đây là các thông số phù hợp với tiêu chí của liều kế đo liều tích lũy môi trường lòng đất.

Kết quả đánh giá các thông số làm nên chất lượng liều kế được tiến hành song song trên cả hai loại liều kế TLD-900 (thương mại) và CaSO₄:Tm (tự chế tạo) đã cho thấy chúng có chất lượng gần tương đương nhau, nhưng giá thành của CaSO₄:Tm rẻ hơn rất nhiều (mỗi liều kế không quá 1,5 USD) và có thể sản xuất với số lượng đáp ứng nhu cầu sử dụng trong nước, không phụ thuộc vào nhập ngoại.

Tài liệu tham khảo

- [1] Bộ công nghiệp, Quy phạm kỹ thuật thăm dò phóng xạ, Hà Nội, (1999)
- [2] Nguyễn Hào Quang, Phóng xạ môi trường đối với sức khoẻ con người. Cục kiểm soát và an toàn Bức xạ Hạt nhân, Hà Nội, (2000)
- [3] Phan Văn Duyệt, An toàn vệ sinh phóng xạ. Nxb Y học, Hà Nội, (1986)
- [4] Aitken M.J, An Introduction to Optical Dating, Oxford University Press (1998)
- [5] Horowitz Y.S, Thermoluminescence and Thermoluminescent dosimetry, Vol. I, CRC Press (1984)
- [6] IAEA, Environmental Radiation, IAEA (2000)
- [7] IAEA, Guidelines for radioelement mapping using gamma ray spectrometry data, IAEA (2003)

- [8] National Bureau of standards, *Radon transport through and exhalation from building materials*. U.S. Dept of Commerce, New York (1981).
- [9] Jan van Dam and Ginette Marinello, *Methods for in vivo dosimetry in External Radiotherapy*, Physics for clinicak radiotherapy, Booklet No.1 (1999),
- [10] H.W. Kui, D. Lo, Y.C. Tsang, N.M. Khaidukov, V.N. Makhov, *Thermoluminescence properties of double potassium yttrium fluorides singly doped with Ce^{3+} , Tb^{3+} , Dy^{3+} and Tm^{3+} in response to α and β irradiation*, Journal of Luminescence 117 (2006) 29-38.