

Tính tuổi cổ vật bằng phương pháp hạt mịn và một số kết quả thu được trên mẫu gạch tại Hoàng thành Thăng Long

Trần Ngọc^{1,2}, Trần Thị Chung Thủy³, Phạm Minh Tân⁴,
Lương Duy Thành³, Phan Văn Độ^{4*}

¹Viện Nghiên cứu và Phát triển công nghệ cao, Trường Đại học Duy Tân, Đà Nẵng, Việt Nam;

²Khoa Môi trường và Khoa học tự nhiên, Trường Đại học Duy Tân, Đà Nẵng, Việt Nam;

³Trường Đại học Thủy lợi, 175 Tây Sơn, Đống Đa, Hà Nội, Việt Nam;

⁴Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp, Đại học Thái Nguyên.

*Email: phanvando@tlu.edu.vn

Nhận bài: 12/9/2023; Hoàn thiện: 10/11/2023; Chấp nhận đăng: 15/11/2023; Xuất bản: 10/12/2023.

DOI: <https://doi.org/10.54939/1859-1043.j.mst.FEE.2023.134-140>

TÓM TẮT

Trong bài báo này, chúng tôi trình bày các kết quả tính tuổi của các mẫu gạch nung được lấy từ khu khảo cổ Hoàng thành Thăng Long (Hà Nội, Việt nam) bằng phương pháp nhiệt phát quang. Từ kết quả thu được, các vật liệu được sử dụng để xây dựng Hoàng thành có thể được phân loại thành các nhóm dựa theo năm sản xuất. Trên cơ sở đó, chúng tôi xác định được khoảng thời gian bắt đầu xây dựng và trùng tu hoặc xây thêm mới của công trình Hoàng thành Thăng Long.

Từ khóa: Tính tuổi; Hoàng thành Thăng Long.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong thiên nhiên, các khoáng vật luôn chịu tác động của các bức xạ ion hoá sinh ra từ các nguyên tố phóng xạ chung quanh chúng như K-40, Rubidium, Thorium, uranium. Các nguyên tố khác nhau phát ra các loại tia khác nhau: K-40 phóng xạ γ , β , rubidium phóng xạ β , thorium phóng xạ α , γ , β và uranium phóng xạ α , γ , β , ngoài ra còn có tia vũ trụ (cosmic). Trong môi trường, các tia phóng xạ có mức độ ion hóa khác nhau, và vì vậy ảnh hưởng đến tích lũy nhiệt phát quang (thermoluminescence, TL) cũng khác nhau [1-4]. Cụ thể là, các bức xạ γ và β có độ tích lũy TL như nhau khi mẫu được hấp thụ cùng một đơn vị liều Gray (J/kg). Trong khi đó, với bức xạ α là loại bức xạ có mật độ ion hoá lớn, nên nhanh chóng làm bão hoà các bẫy TL. Vì vậy, có nhiều bức xạ hấp thụ trở thành “vô nghĩa” (không tích lũy TL), dẫn đến hiệu suất tích lũy TL so với các bức xạ γ và β thấp hơn với hệ số từ 0,05 đến 0,5 (phụ thuộc vào môi trường) hệ số này gọi là k (được xác định bằng thực nghiệm) [1].

Cơ sở tính tuổi bằng TL có thể được hiểu như sau [3-5]: năng lượng mà các khoáng vật nhận được trong các quá trình chịu tác động của bức xạ ion hoá tự nhiên được tích lũy dưới dạng các điện tử bị bắt ở các bẫy, chúng sẽ được giải phóng bằng sự phát quang khi các điện tử tái hợp với lỗ trống trong quá trình cưỡng bức nhiệt hoặc cưỡng bức quang sau đó. Cường độ ánh sáng phát ra tỷ lệ với thời gian chịu tác động của liều bức xạ ion hoá, công thức tổng quát để xác định tuổi cho các mẫu nằm trong trường bức xạ cân bằng và chưa phát sinh bão hoà sẽ là:

$$\text{Tuổi} = \frac{\text{Tổng liều tự nhiên (P)}}{\text{Liều hấp thụ trong một năm}} = \frac{\text{Cường độ TL tự nhiên}}{\chi_{\alpha} D_{\alpha} + \chi_L (D_{\beta} + D_{\gamma} + D_C)}$$

trong đó, χ là độ nhạy TL (hiệu suất tạo TL), D là tốc độ liều (liều bức xạ tích lũy hiệu dụng cho TL trong một năm), P gọi là liều tích lũy tự nhiên (Paleodose).

Trong thực tế, ta sử dụng khái niệm liều tương đương (D_E), là liều bức xạ phòng thí nghiệm cần thiết để tạo ra TL tương đương với TL được tạo ra từ liều tự nhiên (P), lúc đó phương trình tuổi được tính bởi

$$\text{Tuổi} = \frac{D_E}{D_\alpha + \chi_1 (D_\beta + D_\gamma + D_C)}$$

trong đó: $D_\alpha^* = kD_\alpha$ (trong các môi trường gồm, trầm tích giá trị của $k = 0,15$)

Như vậy, để tính tuổi bằng phương pháp nhiệt phát quang, ta cần đo hai đại lượng vật lý cơ bản nhất là Tốc độ liều D và liều tự nhiên P . Trong đó, việc xác định liều tự nhiên (P) phải chú ý đến thời gian chiếu xạ tự nhiên phải dưới mức phát sinh bão hoà của liều (năng lượng) được tích tụ trong tinh thể của khoáng vật (đối với đa số các khoáng vật thời gian đó vào cỡ 50000 đến 500000 năm) [3-7]. Thời gian đó được tính từ khi khoáng vật chịu tác động của nhiệt độ hay ánh sáng lần cuối cùng (thí dụ như sự cố núi lửa hay sự lộ sáng trong quá trình vận động của các lớp địa tầng). Thời điểm xảy ra tác động này là lúc tất cả các điện tích bị bắt được giải phóng khỏi các bẫy và là lúc đồng hồ quang học được đặt điểm “zero” [3].

Trong bài báo này, chúng tôi trình bày các kết quả tính tuổi các mẫu gạch được lấy từ khu khảo cổ Hoàng thành Thăng Long (Hà Nội, Việt nam). Các kết quả được xác định bằng phương pháp nhiệt phát quang, là phương pháp tính tuổi phù hợp cho các đối tượng trẻ (cỡ vài trăm năm đến chục ngàn năm).

2. LỰA CHỌN MẪU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

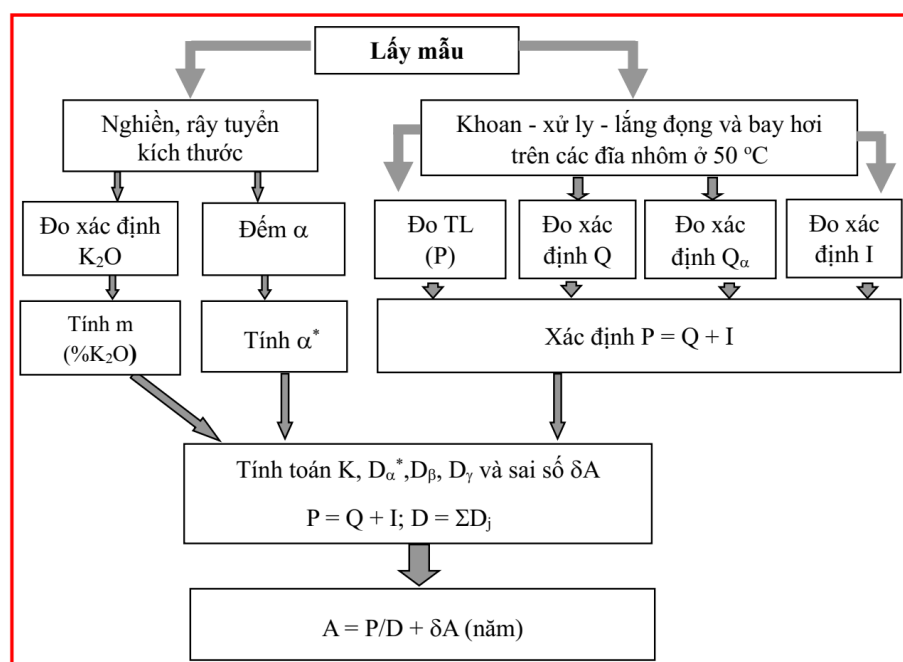
Các mẫu gạch nung có kích thước tối thiểu cỡ $1 \times 1 \times 3$ dm được lấy ra từ các vị trí khác nhau ở khu Hoàng thành Thăng Long, mẫu ở độ sâu ít nhất 0,3 m và cách các ranh giới mép hố ít nhất 0,3 m được chọn lựa. Các mẫu được đặt ký hiệu D21.20, D21.21, D21.22(a), D21.22(b), D21.23, D21.24 và D21.25 và được gói trong các túi nhựa mờ đục (không rửa mẫu), tránh tiếp xúc với ánh sáng mặt trời, nhiệt độ (không vượt quá 100°C) và tránh tiếp xúc với tia UV, IR, tia X, tia beta, tia gamma.

Các mẫu này sau đó được làm sạch bề mặt bằng dung dịch acetone loãng, dùng khoan loại bỏ lớp ngoài của mẫu, sau đó khoan sâu vào để lấy được mẫu bột. Cho mẫu vừa khoan được vào một cốc lớn (đường kính 2 - 3 cm) có chứa acetone để tạo thành hỗn hợp mẫu + acetone (chiều cao khoảng 6 cm), khuấy đều hỗn hợp trên rồi để lắng đọng trong 2 phút. Những hạt có kích thước nhỏ hơn $10 \mu\text{m}$ sẽ nổi lên trên, gạn dung dịch trên sang một lọ khác, các hạt lắng đọng ở lọ thứ nhất có kích thước lớn hơn $10 \mu\text{m}$ sẽ được loại bỏ. Khuấy đều hỗn hợp đã gạn được ở trên rồi để lắng đọng trong 20 phút, những hạt có kích thước nhỏ hơn $1 \mu\text{m}$ sẽ nổi lên trên và được loại bỏ, ta thu được một lớp các hạt có kích thước $1 \mu\text{m} < d < 10 \mu\text{m}$ nằm ở đáy cốc. Để thu được hỗn hợp có độ đồng nhất, đặt lọ dung dịch (acetone + mẫu) vào máy rung siêu âm, đồng thời dùng pipet để lấy mẫu (mỗi lần 2 ml), cho vào mỗi ống thủy tinh có đĩa nhôm đặt dưới đáy (20 - 25 lọ thủy tinh và các đĩa nhôm mỏng đã được rửa bằng acetone sạch và sấy khô đã được chuẩn bị). Đặt các ống thủy tinh đựng mẫu vào sấy ở 50°C trong 20 giờ, acetone đã bay hơi hết, ta thu được các đĩa nhôm có lớp mẫu lắng đọng ở trên [1].

Đối với phép phân tích hàm lượng K_2O bằng phương pháp quang kế ngọn lửa, mẫu được nghiền trong cối mã não thành mẫu bột. Sau đó, mẫu bột này được cho vào lọ teflon trong đó có chứa 15 - 20 ml HF (40%) và 5 ml HClO_4 (60%). Đun nóng hỗn hợp ở $110 - 120^\circ\text{C}$, cho bay hơi đến khi dung dịch còn lại 1/4 thể tích ban đầu. Nếu dung dịch còn lại không trong suốt, thêm 2,5 ml HClO_4 (60%), tiếp tục đun cho đến khi dung dịch còn lại 1/4 thể tích ban đầu và trong suốt sau đó thêm nước cất để có dung dịch 250 ml.

Xác định liều tích lũy TL tự nhiên bằng phương pháp liều cộng thêm (α , β). Độ phóng xạ α được xác định bằng phương pháp đếm alpha. Hàm lượng K_2O được xác định bằng phương pháp phân tích phổ nguyên tử bằng quang kế ngọn lửa [1].

3. QUY TRÌNH XÁC ĐỊNH TUỔI THEO PHƯƠNG PHÁP HẠT MỊN



Hình 1. Sơ đồ minh họa quy trình xác định tuổi của cổ vật theo phương pháp hạt mịn.

Đối với các mẫu gạch hay gốm, để thực hiện tính tuổi bằng phương pháp hạt mịn cần thỏa mãn 2 yêu cầu như sau [3]:

1. Các hạt mịn phải có kích thước đủ nhỏ, nằm trong khoảng từ 1 - 8 μm .
 2. Các hạt mịn đủ phủ thành một lớp mỏng trên đĩa nhôm dùng làm khay mẫu.
- Quy trình xác định tuổi được tiến hành theo sơ đồ trong hình 1 [3].

4. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

4.1. Xác định độ bão hoà của nước có mặt trong mẫu

Sơ với vật liệu nền (hạt mịn từ mẫu vật), nước có hệ số hấp thụ đối với các tia α , β , γ cao hơn tương ứng là 50%, 25% và 14%, vì vậy, khi tính đến liều hiệu dụng trong một năm, cần thiết phải hiệu chỉnh các hệ số này theo một hệ số tương ứng là $D_\alpha = 1,5$, $D_\beta = 1,25$ và $D_\gamma = 1,14$ theo các biểu thức sau:

$$D_\alpha = D_{\alpha, \text{khô}} / (1 + 1,5 \text{ W.F.})$$

$$D_\beta = D_{\beta, \text{khô}} / (1 + 1,25 \text{ W.F.})$$

$$D_\gamma = D_{\gamma, \text{khô}} / (1 + 1,14 \text{ W.F.})$$

trong đó: tỷ lệ nước có sẵn trong mẫu do bị chôn vùi: $W' = (W - W_{\text{khô}}) / W_{\text{khô}}$

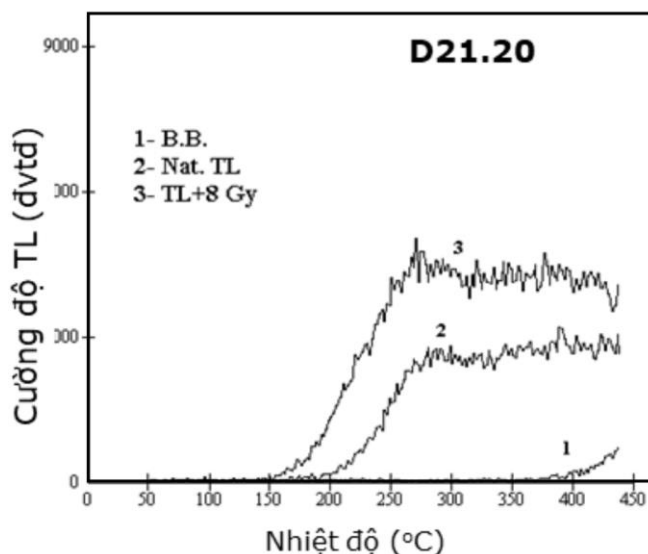
tỷ lệ nước bão hoà trong mẫu: $W_s = (W_{\text{âm}} - W_{\text{khô}}) / W_{\text{khô}}$

Với W trọng lượng của mẫu; F là một hệ số ước đoán từ 0,5 đến 0,85 với sai số $\Delta F = 0.2$ (cỡ 20%) phụ thuộc điều kiện thực tế của địa hình, độ ẩm, khí hậu. Từ biểu thức trên ta có thể xác định trọng lượng mẫu nguyên gốc (W), trọng lượng mẫu bão hoà nước ($W_{\text{âm}}$) và trọng lượng mẫu khô ($W_{\text{khô}}$) [1-3]. Giá trị các đại lượng này được xác định và trình bày trong bảng 1.

Bảng 1. Kết quả xác định trọng lượng mẫu nguyên gốc (W), trọng lượng mẫu bão hoà nước ($W_{\text{âm}}$) và trọng lượng mẫu khô ($W_{\text{khô}}$) cho các mẫu của Hoàng thành Thăng Long.

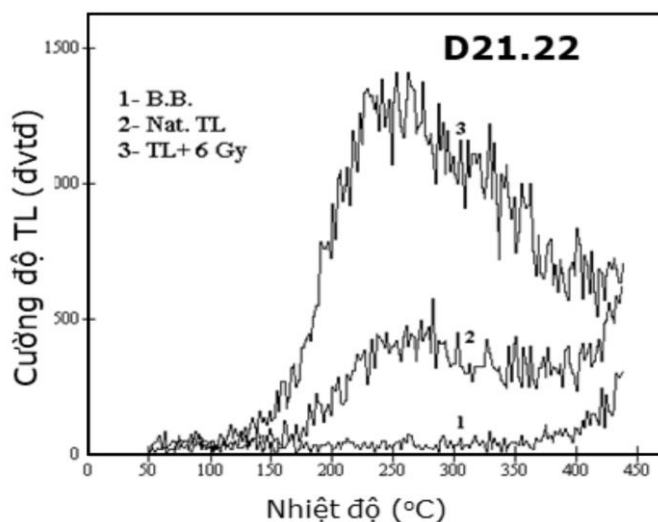
Mẫu	D21.20	D21.21	D21.22a	D21.22b	D21.23	D21.24	D21.25
W (g)	7530	8041	26870	26870	8925	3577	4057
$W_{\text{âm}}$ (g)	9699	9596	28704	28704	9950	3862	4712
$W_{\text{khô}}$ (g)	7697	7968	25069	25069	8861	3547	3864

4.2. Xác định liều tích lũy TL tự nhiên bằng phương pháp liều cộng thêm (α, β)



Hình 2. Đường cong TL của mẫu D21.20 (1. Đường lò, 2. TL tự nhiên, 3. TLN + 8Gy).

Liều tích lũy hiệu dụng cho TL bao gồm hai thành phần, liều bức xạ tích lũy hiệu dụng cho phần TL quan sát được ký hiệu là Q và liều tích lũy hiệu dụng cho phần “tiền TL” không quan sát được ký hiệu là I . Phần liều tích lũy hiệu dụng không quan sát được chính là phần hiệu chỉnh dưới tuyến tính (supralinear) ở vùng liều thấp. Khi đó, liều hiệu dụng (hay liều tích lũy tự nhiên) [3]: $P = Q + I$.



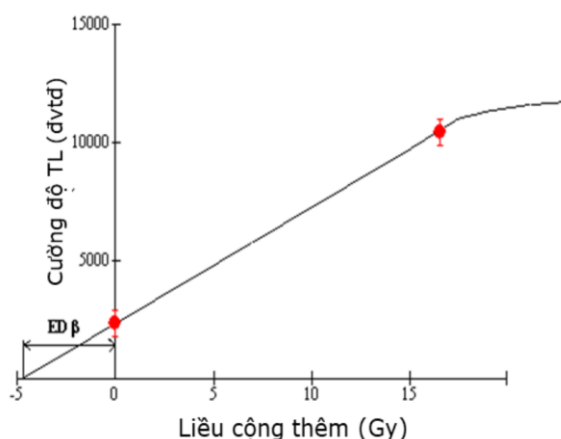
Hình 3. Đường cong TL của mẫu D21.20 (1. Đường lò, 2. TL tự nhiên, 3. TLN + 8Gy).

Các thực nghiệm xác định liều tự nhiên được thực hiện trên hệ đo TL dating (Biccoca-Milano) đã được tự động hoá. Để tránh hiện tượng phát quang giả TL (spurious TL), trong buồng đốt mẫu của hệ đo được hút chân không để giảm mật độ ôxi và hơi nước và bơm khí trơ (N_2) để tăng cường sự dẫn nhiệt và dùng kính lọc 380 nm. Sử dụng 4 mẫu trên 4 đĩa nhôm (đã chuẩn bị ở trên) để đo TL tự nhiên. Dùng các mẫu khác có chiều bổ sung α và β từ một nguồn chuẩn để đo TL dùng tính liều cộng thêm (lưu ý chiếu đến khi thấy gần bão hoà). Các mẫu sau khi đo TL lần đầu có thể dùng để đo tiếp đường phân rã hoặc chiếu các liều thấp hơn để xác định vùng dứi tuyến tính (superalinearity) [3, 4, 7]. Các kết quả đo TL của 3 loại mẫu này cho phép ta xác định được: Liều tự nhiên TN; Liều cộng thêm β và Liều cộng thêm α . Hình 2 và 3, là các phép đo TL thu được của mẫu D21.20 và D21.22. Sử dụng các dữ liệu từ hình 2 và 3, ta có thể xác định được các đại lượng P , Q , Q_α và I thông qua đồ thị ở hình 4.

Bảng 2. Kết quả xác định liều tương đương và lỗi trong cách tính cho các mẫu của Hoàng thành Thăng Long.

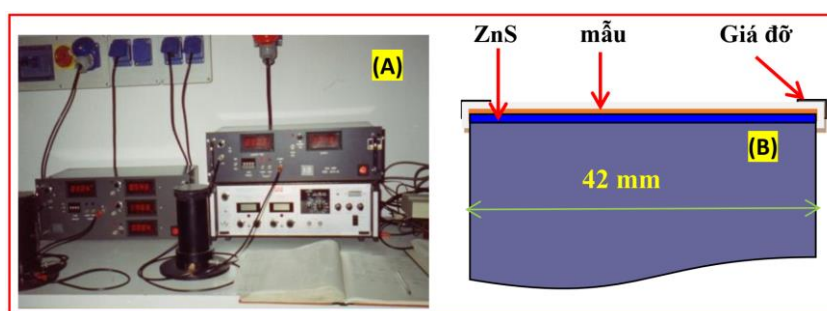
Mẫu	D21.20	D21.21	D21.22a	D21.22b	D21.23	D21.24	D21.25
$D_{E\alpha}$	7,79	8,97	4,73	4,47	11,5	37,0	2,46
$D_{Err(\alpha)}$	0,76 (9,9%)	1,7 (19%)	4,89 (27%)	0,47 (10%)	1,6 (14%)	2,5 (6,6%)	0,39 (16%)

Sử dụng các phương trình trong quy trình tính tuổi, ta có thể xác định được liều tương đương α và β ($D_{E\alpha}$ và $D_{E\beta}$). Các kết quả được trình bày trong bảng 2.



Hình 4. Xác định các đại lượng P , Q , Q_α và I bằng phương pháp liều cộng thêm.

4.3. Xác định độ phóng xạ α trong mẫu bằng phương pháp đếm alpha



Hình 5. Xác định tốc độ liều D_α bằng α -counting: (A) Hệ đếm α theo kiểu “nguồn dày” và (B) Thiết kế chi tiết thiết bị đếm α .

Phương pháp đếm α dựa trên nguyên lý đếm theo kiểu “nguồn dày” (hình 4A), trên cơ sở nhạy sáng của màng ZnS:Ag được đặt tiếp xúc trực tiếp với mẫu khi bị hạt α đập vào (lớp mẫu và màng ZnS phải có độ dày lớn hơn độ đâm xuyên của hạt α có năng lượng lớn nhất).

Nếu gọi ρ là mật độ khối lượng mẫu, A là diện tích màng ZnS:Ag, C_α là độ phóng xạ riêng của tia α . Số hạt α^* có thể đếm được do tạo ra sự nháy sáng đủ trong độ nhạy có thể phát hiện được là: $\alpha^* = (A.R.\rho.C_\alpha)/4$, α^* còn gọi là tốc độ đếm. Cần lưu ý rằng các đại lượng α^* và D_α ít phụ thuộc vào năng lượng của tia α . Trong thực tế màng ZnS được thiết kế với đường kính chuẩn 42 mm và hệ đếm phải thiết lập tầng ngưỡng hạn chế tín hiệu nhiễu và các tín hiệu yếu từ các bức xạ β và γ (hình 4B). Như vậy, phải đưa vào hệ số hiệu chỉnh cho hạt α của Th là 0,85 và của U là 0,82. Trong thực nghiệm này, mẫu được nghiền thật nhỏ (nhưng không phá vỡ hạt) [1, 3]. Dùng thiết bị đếm thông qua PMT đặt trực tiếp với màng ZnS. Thời gian thực hiện trong 24 h (trên 500 xung). Áp dụng tỷ lệ giữa Th và U là $Th/U = 3.16$ trong tính toán để lấy được kết quả là số đếm/phút = tổng số đếm/thời gian, các giá trị tính toán được cho các mẫu trình bày trong bảng 3.

Bảng 3. Kết quả xác định hàm lượng K_2O cho các mẫu của Hoàng thành Thăng Long.

Mẫu	D21.20	D21.21	D21.22a	D21.22b	D21.23	D21.24	D21.25
% K_2O	2,48	2,06	2,80	2,80	1,94	2.10	1,17

4.4. Xác định tỷ lệ K_2O có trong các mẫu

Hàm lượng K_2O được xác định thông qua phương pháp phân tích phổ nguyên tử (AAS). Chuẩn máy đo bằng dung dịch K_2O 4% (số chỉ 100) và dung dịch K_2O 0% (số chỉ 0) [1, 3]. Sử dụng 10 ml dung dịch mẫu hòa với 10 ml Li_2SO_4 (chuẩn) trong 100 ml nước cất đưa vào máy đo. Kết quả sau đó được xác định theo công thức tam suất thuận và được trình bày ở bảng 3.

Bảng 4. Kết quả xác định hàm lượng K_2O cho các mẫu của Hoàng thành Thăng Long.

Mẫu	D21.20	D21.21	D21.22a	D21.23	D21.24	D21.25
α -cout	3978/5424	1146/1728	1318/1738	3076/5419	1453/1617	1340/1562

Bằng cách nạp các số liệu đo được từ các phép đo thực tế ở bảng 1 vào phần mềm TL Date 2.2: W_xF ; α - coating; % K_2O ; TLN, TL β ; TL α ; liều tốc độ α và liều tốc độ β . Khi đó, ta sẽ có kết quả tuổi và sai số cho từng mẫu đo, trình bày ở bảng 1.

Bảng 5. Kết quả tính tuổi và sai số của các mẫu từ khu khảo cổ Hoàng thành Thăng Long.

Mẫu	D21.20	D21.21	D21.22a	D21.22b	D21.23	D21.24	D21.25
Tuổi (năm)	1188 ± 150	724 ± 225	630 ± 220	416 ± 125	1176 ± 290	1078 ± 150	550 ± 135
A_{tr} (%)	13	31	35	30	17	14	25

Từ kết quả ở bảng 5, ta có nhận xét như sau: Trong khảo cổ học, tuổi được xác định từ các phương pháp như C_{14} , theo phương pháp lịch sử ... thường có sai số rất lớn (có khi lên đến hơn 100%). Với các thành tạo trẻ, các phương pháp như C_{14} rất khó để xác định tuổi, trong khi phương pháp khảo cổ học (lịch sử) lại cho sai số lớn và khó để xác định tuổi cho các sự kiện xảy ra gần nhau (vài trăm năm) [3]. Vì vậy, phương pháp định tuổi bằng TL với sai số vài chục đến vài trăm năm là có thể chấp nhận được. Kết quả tính tuổi cho các mẫu trong nghiên cứu này có thể phân thành 2 nhóm:

- + Nhóm 1 gồm các mẫu D21.21; D21.22 và D21.25 có độ tuổi từ 400-700 năm.
- + Nhóm 2 gồm các mẫu D21.20; D21.23; D21.24 có độ tuổi từ 1000-1200 năm.

Như vậy, có thể tạm kết luận: có thể Hoàng thành Thăng Long đã được xây dựng từ vật liệu được sản xuất cách đây 1000 đến 1200 năm. Sau đó, có thể được trùng tu hoặc xây thêm từ các vật liệu được sản xuất cách đây khoảng 400 đến 600 năm.

5. KẾT LUẬN

Tuổi của các mẫu gạch được lấy từ khu khảo cổ Hoàng thành Thăng Long (Hà Nội, Việt nam) đã được xác định bằng phương pháp nhiệt phát quang. Đây là phương pháp định tuổi các công trình cổ với sai số từ vài chục đến cỡ trăm năm, rất phù hợp cho các thành tạo trẻ. Tuổi cho các mẫu trong nghiên cứu này có thể phân thành 2 nhóm: nhóm có độ tuổi từ 400 - 700 năm và nhóm có độ tuổi từ 1000 - 1200 năm. Kết quả này cho thấy, có thể Hoàng thành Thăng Long đã được xây dựng từ vật liệu được sản xuất cách đây 1000 đến 1200 năm. Sau đó được trùng tu hoặc xây thêm mới từ các vật liệu được sản xuất cách đây khoảng 400 đến 600 năm. Các kết quả này phù hợp tốt với các thông tin được tìm thấy trong các tư liệu lịch sử được tìm thấy về Hoàng thành Thăng Long.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Quỹ Phát triển khoa học và công nghệ Quốc gia (NAFOSTED) trong đề tài mã số 103.03-2021.75.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Zimmermann, “*Thermoluminescent Dating using fine grains from pottery*”, *Archaeometry*, 13, 29-52 (Research Laboratory for Archaeology and the History of Art, Oxford University, England), (1971).
- [2]. L. Boetter-Jensen: “*Development of optically stimulated luminescence techniques using natural mineral and ceramics and their application to retrospective dosimetry*”; *Riso-R-1211(EN)*, 74-85, (2000).
- [3]. J.M. Aitken, “*Thermoluminescence dating*”, Research Laboratory for Archaeology and the History Oxford University England, (1985).
- [4]. R. Chen, S.W.S. McKeever, “*Theory of Thermoluminescence and Related Phenomena*”, World Scientific, (1998). <https://doi.org/10.1142/2781>.
- [5]. G. Chen, S.H. Li, “*Studies of quartz 110 °C thermoluminescence peak sensitivity change and its relevance to optically stimulated luminescence dating*”, *J. Phys. D. Appl. Phys.* 33, 437–443, (2000).
- [6]. M. Duval, V. Guilarte, “*ESR dosimetry of optically bleached quartz grains extracted from Plio-Quaternary sediment: Evaluating some key aspects of the ESR signals associated to the Ti-centers*”, *Radiat. Meas.* 78, 28–41, (2015).
- [7]. E.W.J. Mitchell, J.D. Rigden, “*The effects of radiation on the near infra-red absorption spectrum of α -quartz*”, *Philos. Mag.* 2, 941–956, (1957).

ABSTRACT

Dating of antiques using the fine grains method and obtained results for brick samples at Thang Long Imperial Citadel

In this paper, we present the dating results of the brick samples at Thang Long Imperial Citadel (Hanoi, Vietnam) by the thermoluminescence method. From the obtained results, the materials used to construct the Imperial Citadel can be classified based on the produced year. On that basis, we determined the time period to start construction and restore or build a new construction of the Thang Long Imperial Citadel.

Keywords: Dating results; Thang Long Imperial Citadel.