

ANDRZEJ BUKO, TOMASZ DZIENKOWSKI, JAROSŁAW KUSIAK

PRÓBA DATOWANIA CERAMIKI WCZESNOŚREDNIOWIECZNEJ METODĄ TERMOLUMINESCENCJI: PRZYKŁAD BADAŃ ZESPOŁU GRODOWEGO W BUSÓWNIE

1. WSTĘP

Metoda termoluminescencyjna (dalej: TL) została opracowana i wykorzystana do badań po raz pierwszy na przełomie lat pięćdziesiątych i sześćdziesiątych XX w. (por. M.J. Aitken 1985). Początkowo przedmiotem zainteresowań były możliwości zastosowania tej techniki w archeologii oraz szeroko rozumiane kwestie metodologiczne (por. D.W. Zimmermann, J. Huxtable 1969; D.W. Zimmermann 1971; S.J. Fleming 1970; 1979; M.J. Aitken 1989). Prowadzono również liczne badania nad ceramiką pradziejową (np. V. Mejdahl 1969; S.M. Burnett 2000; Y. Ichikawa, T. Nagatomo, N. Hagihara 1978; W. Wang, Z. Zhou 1983), w tym testy autentyczności wyrobów glinianych z różnych okresów chronologicznych (np. S.J. Fleming 1970; M.J. Aitken, P.R.S. Mores, P.J. Ucko 1971). Skala zastosowań tej metody daleko wykracza poza analizę materiałów ceramicznych (szerzej na ten temat: A.G. Wintle 1980). W ostatnim ćwierćwieczu metodę TL wielokrotnie wykorzystywano do datowania osadów eolicznych (piasków wydmowych i lessów), jak również innych osadów pylastych, a także przepalonych krzemieni (np. H. Valladas, G. Valladas 1987; A. Bluszcz 1993). W przypadku badań prowadzonych przez badaczy polskich, zastosowania metody TL najczęściej dotyczą pogranicza archeologii i geologii, w wielu przypadkach osadów plejstocenijskich (np. A. Bluszcz, M.F. Pazdur 1987). Więcej miejsca poświęcano w przeszłości opisom potencjalnych korzyści płynących z jej stosowania, aniżeli wynikom realizacji większych projektów badawczych (por. A. Bluszcz 1989; M.F. Pazdur 1994; tam obszerniejsza literatura). W niewielkim dotąd stopniu interesowano się możliwościami wykorzystania metody TL do datowania materiałów z młodszych chronologicznie okresów. Wyjątkiem w tym względzie były wykonane w latach pięćdziesiątych XX w. próby określenia wieku ceramiki z grodziska w Haćkach na Podlasiu (por. A. Bluszcz, M.F. Pazdur 1994). Zapewne od podejmowania działań w tym względzie powstrzymuje archeologów opinia o ciągle dużym, bo sięgają-

cym najczęściej 10%, marginesie błędu datowania, co w przypadku interesującego nas okresu czyni metodę mało efektywną. Ale nie ulega też wątpliwości, że dla wielu stanowisk archeologicznych z wczesnego średniowiecza jedynym rodzajem znalezisk pozyskanych w trakcie wykopaliś i innych prospekcji terenowych (por. choćby materiały z badań AZP) pozostaje ceramika. W przypadku, gdy mamy do czynienia z wstępnymi badaniami rozpoznawczymi, a pozyskiwane materiały są mało charakterystyczne, archeolog staje wobec dylematu: jak zaklasyfikować chronologicznie badane stanowisko? Co robić w sytuacji, gdy pozyskany materiał ceramiczny jest mało diagnostyczny? Otóż uważamy, iż w takich przypadkach pomocne może się okazać datowanie ceramiki metodą TL.

W trakcie badań archeologicznych grodziska w Busównie, pow. chełmski (por. A. Buko, T. Dzieńkowski, S. Gołub 2006) nawiązano kontakt z laboratorium termoluminescencyjnym działającym w ramach Zakładu Geografii Fizycznej i Paleogeografii Instytutu Nauk o Ziemi UMCS w Lublinie¹. W przypadku wspomnianego stanowiska zaistniała szczególnie dogodna sytuacja dla przeprowadzenia testów metody TL, ze względu na uzyskanie dat bezwzględnych (dendrochronologicznych, ¹⁴C) dla konstrukcji, nawarstwień i ceramiki. Uznano więc, że materiały te mogą stanowić interesujący punkt wyjścia do sprawdzenia efektywności metody TL w odniesieniu do materiałów z okresu wczesnego średniowiecza. Celem naszych badań było określenie za jej pomocą chronologii absolutnej wybranych fragmentów ceramiki pochodzących z dwóch faz użytkowania obiektu, datowanych metodami archeologicznymi (stratygrafia, ogląd makroskopowy znalezisk), jak i metodami innych dyscyplin (¹⁴C, dendrochronologia). Kolejnym etapem postępowania badawczego była próba korelacji wyników analiz uzyskanych metodą TL z innymi datami bezwzględnymi.

2. METODYKA DATOWANIA TERMOLUMINESCENCYJNEGO

Metoda TL należy do grupy fizycznych metod datowania bezwzględnego wykorzystujących przemianę promieniotwórcze radioizotopów obecnych w skorupie ziemskiej. Ze względu na specyfikę zjawiska termoluminescencji jej teoretyczny zakres wiekowy jest ograniczony do ostatniego miliona lat (M.J. Aitken 1998, s. 5), chociaż praktycznie najczęściej wykorzystywana jest do datowania obiektów pochodzących z przedziału od kilkuset lat do 100–200 tys. lat.

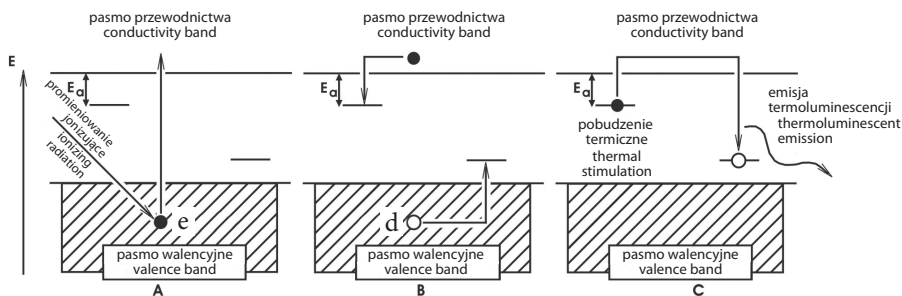
Opisywana metoda może być wykorzystywana do datowania próbek osadów plejstoceniśkich i holoceniśkich, szczególnie osadów eolicznych oraz zabytków archeologicznych: ceramiki, cegieł, fragmentów glinianych pieców i polep, a także wypalonych krzemieni. Jako wiek termoluminescencyjny rozumiany jest okres, jaki upłynął od ostatniego wystawienia na działanie światła słonecznego (dla osadów), od chwili wypalenia (dla wyrobów z gliny) lub przepalenia (dla krzemieni).

¹ Podziękowania za udzielone informacje i pomoc w tym zakresie kierujemy do dr. hab. Radosława Dobrowolskiego z tego Instytutu.

Wiek termoluminescencyjny osadów jest ilorazem dwóch wielkości: dawki równoważnej (ED – equivalent dose) i dawki rocznej (DR – dose rate). Ta ostatnia pełni tutaj rolę podstawowej jednostki czasu. Określa, jaka ilość energii promieniowania jonizującego została pochłonięta przez datowany obiekt w ciągu roku lub tysiąclecia, i jest wyrażana w grejach na rok (Gy/a) lub w grejach na tysiąclecie (Gy/ka). Aby możliwe było wykorzystanie tej wielkości jako jednostki czasu, konieczne jest przyjęcie założenia, że DR była stała w ciągu całego okresu, jaki upłynął od depozycji osadu. Warunek taki jest uzasadniony, ponieważ o aktywności promieniotwórczej środowiska, jak również samej próbki, decydują radioizotopy wchodzące w skład naturalnych szeregów promieniotwórczych, głównie uranowego i torowego, oraz potas (^{40}K), charakteryzujące się bardzo dużym czasem połowicznego zaniku, rzędu 10^9 lat.

Dawka równoważna wyrażana w grejach (Gy) to wielkość wyznaczona w laboratorium poprzez zjawisko termoluminescencji, czyli emisję światła występującą w wyniku podgrzania materiałów o właściwościach dozymetrycznych. Substancje o takich właściwościach mają zdolność magazynowania energii promieniowania jonizującego. W plejstocenijskich i holocenijskich osadach mineralnych są to przede wszystkim kwarc i skalenie. W skład tych osadów wchodzi również radioizotopy, które ulegając przemianom promieniotwórczym emitują promieniowanie jonizujące: α , β i γ . Promieniowanie to niesie ze sobą energię, którą pochłaniają wszystkie substancje występujące w środowisku. Jej część jest jednak magazynowana i przechowywana przez dłuższy okres właśnie przez substancje krystaliczne o właściwościach dozymetrycznych. W wyniku dostarczenia do takich substancji energii promieniowania jonizującego pewna ilość elektronów z pasma podstawowego zostaje przeniesiona do pasma przewodnictwa (ryc. 1A). W obrębie przerwy energetycznej występują lokalne stany energetyczne, nazywane pułapkami, powiązane z istnieniem w sieci krystalicznej defektów lub domieszek. Pułapki mają zdolność przechwytywania elektronów z pasma przewodnictwa, co uniemożliwia ich bezpośrednią rekombinację (ryc. 1B). Elektrony „uwięzione” w pułapkach mogą w nich przebywać przez dłuższy czas, do momentu, w którym otrzymają energię niezbędną do ponownego przejścia do pasma przewodnictwa. Stan kryształu, w którym pułapki (wszystkie lub ich część) są zapełnione schwytanymi elektronami, charakteryzuje się nadwyżką energii w porównaniu ze stanem podstawowym. Ta właśnie nadwyżka energii może być wyzwolona przez podgrzanie kryształu i wyemitowana w postaci światła (ryc. 1C). Natężenie termoluminescencji jest bezpośrednio proporcjonalne do energii zmagazynowanej w kryształach w postaci elektronów w pułapkach, a pośrednio jest funkcją całkowitej energii promieniowania jonizującego pochłoniętej w osadzie od chwili ostatniej insolacji (S.J. Fleming 1979; V. Mejdahl, A.G. Wintle 1984; M.J. Aitken 1998).

Datowanie ceramiki metodą TL nieco różni się od datowania osadów. W przypadku takich materiałów mamy do czynienia z sytuacją wyjątkowo korzystną, ponieważ można bardzo dokładnie określić moment startu „zegara termoluminescencyjnego”, którym jest czas wypalenia. W jego trakcie naczynia były podgrzewane do temperatury kilkuset stopni Celsjusza, a we wchodzących



Ryc. 1. Uproszczony model pasmowy ciała stałego

A — pochłanianie energii promieniowania jonizującego; B — magazynowanie energii w postaci „uwięzionych” elektronów; C — emisja termoluminescencji; d — dziura; e — elektron; E — energia elektronu; E_a — energia aktywacji elektronu (głębokość pułapki względem dna pasma przewodnictwa).

Opracował J. Kusiak na podstawie artykułu T.G. Stoebe’a, M.D. Morgana 1984, ryc. 1

Fig. 1. Solid body basic band model

A — absorbing ionizing radiation energy; B — storing energy as trapped electrons; C — thermoluminescent emission; d — hole; e — electron; E — electron energy; E_a — electron activation energy (trap depth vs. bottom of conductivity band).

Prepared by J. Kusiak based on T.G. Stoebe, M.D. Morgan 1984, Fig. 1

w ich skład ziarnach minerałów o właściwościach dozymetrycznych wszystkie elektrony były uwalniane z pułapek. Po ostygnięciu naczynia proces akumulacji energii promieniowania jonizującego rozpoczynał się ponownie i trwa do chwili obecnej. W porównaniu z osadami zakres wieku TL uzyskiwany dla ceramiki jest znacznie mniejszy i z tego powodu określany jest na podstawie nieco innej zależności niż ma to miejsce w przypadku osadów. Jest ilorazem dawki archeologicznej (AD^2 – archaeological dose) oraz dawki rocznej DR. Dawka archeologiczna jest sumą dawki równoważnej ED oraz poprawki I wynikającej z nieliniowego wzrostu TL dla małych dawek pochłoniętych (V. Mejdahl, A.G. Wintle 1984, s. 161).

Wyznaczanie wieku TL wyrobów ceramicznych przebiega w następujący sposób: po dostarczeniu próbki do laboratorium określona zostaje dawka roczna; wielkość tę oblicza się na podstawie wyników pomiarów stężeń radioizotopów zawartych w próbce oraz w jej otoczeniu (w osadzie, w którym zalegał fragment ceramiki). Koncentracje izotopów uzyskane z pomiarów w jednostkach: bekerel na kilogram (Bq/kg) są przeliczane na wartości pochodzące od promieniowania alfa, beta i gamma wyrażane w jednostkach: grej na tysiąclecie (Gy/ka), na podstawie współczynników opublikowanych w pracy G. Adamca i M.J. Aitkena (1998). W obliczeniach DR uwzględnia się poprawkę na promieniowanie kosmicz-

² W niniejszym artykule skrót ten zapisujemy bez kropek, w odróżnieniu od skrótu *Anno Domini* — A.D., który według zaleceń Słownika Wyrazów Obcych wydanego przez PWN (Warszawa 1997, s. 54) należy pisać z kropkami (przyp. Redakcji).

ne (J.R. Prescott, J.T. Hutton 1994, s. 498) oraz poprawkę $a = 0,1$ na małą wydajność promieniowania alfa w generowaniu termoluminescencji (por. V. Benea, D. Vandenberghe, A. Timar, P. Van den Haute, C. Cosma, M. Gligor, C. Florescu 2007, s. 15).

Dla próbek z Busówna dawka roczna była obliczana jako suma składowych pochodzących od: promieniowania alfa i beta dla próbki, promieniowania gamma dla osadu oraz składowej pochodzącej od promieniowania kosmicznego (G. Adamiec, A. Bluszcz 1994, s. 160–161).

Pomiary stężeń radioizotopów wykonane zostały metodą spektrometrii gamma dla porcji osadów o masie około 600 g w pojemnikach typu Marinelli oraz dla próbek ceramiki o wadze od 60 do 100 g w postaci płytek o średnicy około 60 mm, przy użyciu urządzenia typu Mazar'95. Czas pomiaru dla osadów wynosił około 70 godzin (3 cykle po 80 000 sekund), a dla ceramiki około 200 godzin – 3 cykle po 240 000 sekund. Przyjęcie tak długiego czasu pomiaru miało na celu zmniejszenie jego niepewności, a różnice w czasie pomiaru dla osadu i ceramiki związane były z wielkością próbek.

Bardzo istotne jest, aby próbki ceramiki oraz osadu zaraz po pobraniu zostały zabezpieczone przed utratą wilgotności poprzez zapakowanie do plastikowego worka lub szczelnego pudełka. Oznaczenie zawartości wody w próbce ma kluczowe znaczenie dla dokładności określenia wieku artefaktu. Przy wyznaczaniu DR uwzględniono poprawkę na wilgotność próbki rzędu 15%. Wilgotność próbki i osadu określano poprzez pomiar wilgotności naturalnej po ich dostarczeniu do laboratorium. Sezonowe i długookresowe zmiany wilgotności uwzględniono wykorzystując dane zebrane w trakcie opracowywania arkuszy SMGP 1:50 000 z obszaru Wyżyny Lubelskiej (J. Rzechowski 1995). Otrzymane z pomiarów wartości stężeń izotopów promieniotwórczych oraz wyznaczone wartości dawki rocznej DR zawiera tabela 1.

W celu wyznaczenia dawki archeologicznej z próbki ceramiki o wadze około 10 g była usuwana zewnętrzna warstwa o grubości około 2–3 mm. Następnie próbkę delikatnie kruszono i z tak uzyskanego materiału wydzielano na sitach frakcję poliminerálną 30–40 μm . Otrzymane w ten sposób ziarna mineralne były oczyszczane poprzez trawienie kwasem octowym. We frakcji poliminerálnej drobnoziarnistej występuje zaledwie kilkuprocentowy udział skalenia i dla takiej frakcji nie wykonuje się separacji minerałów. Uzyskane minerały były rozdzielane na dwie części. Pierwsza część była dzielona na kilka porcji, z których jedną pozostawiano w stanie pierwotnym, pozostałe porcje napromieniano dawkami promieniowania jonizującego. Porcję nienapromienioną i porcję napromienioną dzielono na czteromiligramowe naważki, które kolejno umieszczano w czytniku termoluminescencji (model RA'94) i podgrzewano do temperatury 400°C. Otrzymywane krzywe świecenia – zależność termoluminescencji od temperatury (por. ryc. 2), pozwalały na wyznaczenie dawki równoważnej ED metodą addytywną (ryc. 3A). W celu wyznaczenia poprawki I wynikającej z nieliniowości zależności $TL = f(D)$ dla małych dawek, druga część materiału mineralnego wydzielonego z próbki ceramiki była przez godzinę wygrzewana w piecu laboratoryjnym w temperaturze 500°C, a po ostygnięciu rozdzielana

Tabela 1. Zestawienie wyników pomiarów: stężeń izotopów promieniotwórczych (K, U, Th), składowej dawki rocznej pochodzącej od promieniowania kosmicznego d_c oraz wartości dawki rocznej DR: wewnętrznej DR_{wew} , zewnętrznej DR_{zew} i całkowitej DR_{calk}
 Table 1. Measurement results: concentration of radioactive isotopes (K, U, Th), constituent annual dose of radiation of cosmic origin d_c and value of annual dose (DR): internal (DR_{wew}), external (DR_{zew}) and total (DR_{calk})

Nr laboratoryjny próbki	K (Bq/kg)	U (Bq/kg)	Th (Bq/kg)	Dawka roczna wewnętrzna DR_{wew} (Gy/ka)	Dawka roczna zewnętrzna DR_{zew} (Gy/ka)	Dawka od promieniowania kosmicznego d_c (Gy/ka)	Dawka roczna całkowita DR_{calk} (Gy/ka)
Lub-4350 (osad)	209,35±7	11,83±1,2	9,32±0,5	*	0,56±0,02**	0,15	*
Lub-4350	385,47±25	12,39±1,5	21,13±1,4	2,97±0,17	0,56±0,02	0,15	3,68±0,18
Lub-4372	398,35±12	9,91±0,9	19,81±1,0	2,90±0,09	0,56±0,02	0,15	3,61±0,09
Lub-4373	263,36±8	18,16±1,5	19,93±0,9	2,41±0,07	0,56±0,02	0,15	3,12±0,07
Lub-4374	462,12±14	37,92±3,0	39,08±2	4,47±0,13	0,56±0,02	0,15	5,18±0,13
Lub-4375	397,28±12	35,59±2,8	37,59±1,9	4,01±0,12	0,56±0,02	0,15	4,72±0,12
Lub-4376	385,74±14	31,95±2,8	29,80±1,8	3,68±0,11	0,56±0,02	0,15	4,39±0,11
Lub-4377	374,55±11	24,15±1,9	23,57±1,2	3,28±0,10	0,56±0,02	0,15	3,99±0,10

* Dla osadu nie wyznacza się dawki rocznej wewnętrznej i całkowitej.

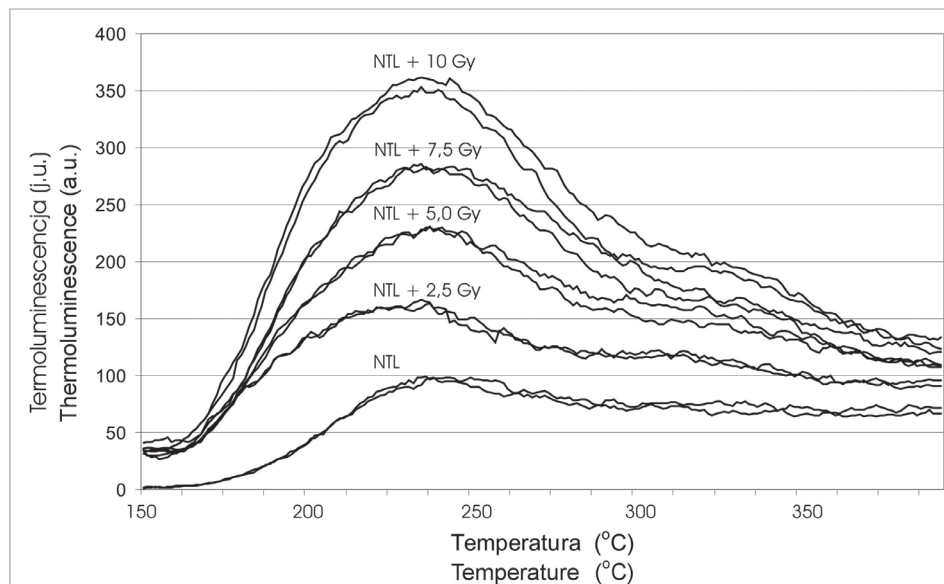
** Dawka roczna zewnętrznej DR_{zew} dla ceramiki jest równa składowej dawki rocznej pochodzącej od promieniowania gamma wyznaczanej dla osadu.

* Annual internal and total radiation doses not calculated for sediments.

** Annual external radiation dose DR_{zew} for pottery is equal to the constituent annual gamma radiation dose calculated for sediments.

na porcje i napromieniowana dawkami 2,5 Gy, 5 Gy, 7,5 Gy i 10 Gy. Następnie, analogicznie jak dla porcji wykorzystanych do wyznaczania ED, wykonano pomiary termoluminescencji i wykreślono krzywą wzrostu termoluminescencji (ryc. 3B). W pomiarach termoluminescencji wykorzystano filtr optyczny odcinający promieniowanie podczerwone grzejnika. Wartości dawki równoważnej ED, współczynnika I, dawki archeologicznej AD oraz wieku TL zamieszczono w tabeli 2.

Istotne znaczenie dla ostatecznego wyniku datowania TL ma sposób odczytu sumy światła TL, a więc wartości liczbowej przyjmowanej do wyznaczania dawki równoważnej – odkładanej na osi rzędnych wykresu $TL = f(D)$. W latach osiemdziesiątych XX w. powszechnie przyjmowano, że jedynym właściwym sposobem odczytu sumy światła TL był odczyt pola powierzchni pod krzywą jarzenia wyznaczony na podstawie wyników „testu plateau”. Jednak M. Frechen



Ryc. 2. Krzywe świecenia termoluminescencyjnego próbki Lub-4375

NTL — termoluminescencja porcji materiału mineralnego nienapromienianej; NTL + 2,5 Gy, NTL + 5,0 Gy, NTL + 7,5 Gy, NTL + 10 Gy — termoluminescencja porcji materiału mineralnego napromienionych dodatkowymi dawkami promieniowania jonizującego.

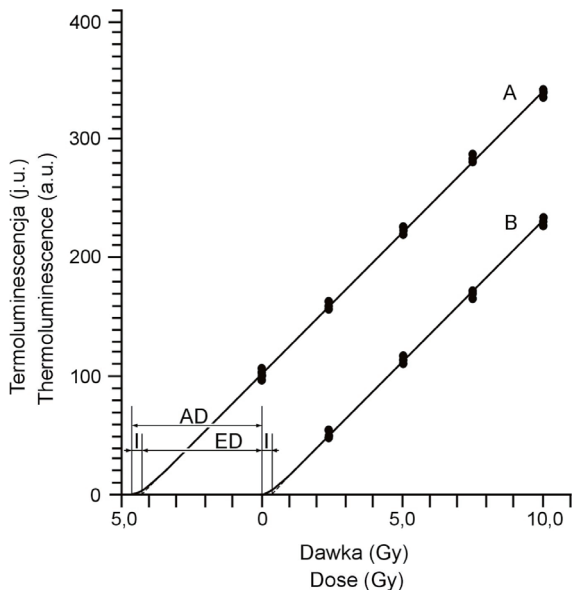
Opracował J. Kusiak na podstawie własnych pomiarów wykonanych czytnikiem TL model RA'94

Fig. 2. Thermoluminescent glow curves for sample Lub-4375

NTL — thermoluminescence of non-irradiated part of the mineral material; NTL + 2,5 Gy, NTL + 5,0 Gy, NTL + 7,5 Gy, NTL + 10 Gy — thermoluminescence of parts of the mineral material irradiated with additional doses of ionizing radiation.

Prepared by J. Kusiak based on own measurements with TL RA'94 reader

(1992, s. 95), datując lessy, stwierdził, że wyznaczanie dawki równoważnej na podstawie „testu plateau” dla większej liczby próbek pobranych z dobrze zdefiniowanych stratygraficznie, jednolitych pod względem wieku, osadów może powodować błędne określenie ED, odbiegające od rzeczywistej wartości nawet o $\pm 100\%$, a to może prowadzić do bardzo dużych błędów przy określaniu wieku TL. Zdaniem M. Frechena nie obserwuje się takiego zjawiska, jeżeli używa się dla wszystkich próbek tego samego obszaru pod krzywą jarzenia z szerokiego zakresu temperatur rzędu 100°C , np. dla lessów $300\text{--}400^\circ\text{C}$, w obrębie którego występuje zarówno maksimum krzywej, jak również często „obszar plateau”. J. Kusiak (2006, s. 40–46), określając chronologię osadów lessowych z terenu Polski, stwierdził, że w niektórych przypadkach także użycie obszaru pod krzywą z szerokiego zakresu temperatur rzędu 100°C daje wyniki datowania TL, które trudno wytłumaczyć, biorąc pod uwagę warunki sedymentacji lessu. Zwrócił także uwagę, że takie niełatwe w interpretacji fluktuacje wieku TL nie są obserwowane, gdy jako sumę światła TL przyjmuje się wąski obszar pod



Ryc. 3. Krzywe wzrostu termoluminescencji dla próbki Lub-4375. Wyznaczenie: dawki archeologicznej AD jako sumy dawki równoważnej ED i poprawki na nadliniowość I. Dawka równoważna ED była wyznaczana metodą addytywną dla porcji materiału mineralnego napromieniowanych dodatkowymi dawkami promieniowania jonizującego (A). Poprawka na nadliniowość I była wyznaczana metodą regeneracyjną na podstawie pomiarów termoluminescencji wykonanych dla porcji materiału mineralnego, które przed napromienianiem wygrzewane były w temperaturze 500°C (B).

Opracował J. Kusiak na podstawie własnych pomiarów wykonanych czytnikiem TL model RA'94

Fig. 3. Thermoluminescent growth curves for sample Lub-4375. Calculation: archaeological dose (AD) as sum of equivalent dose (ED) and correction for superlinearity (I). The equivalent dose was calculated by the additive method for parts of the mineral material irradiated with additional doses of ionizing radiation (A). The correction for superlinearity was calculated by the regeneration method based on thermoluminescent measurements made for a part of the mineral material heat-treated at 500°C before irradiation (B).

Prepared by J. Kusiak based on own measurements with TL RA'94 reader

krzywą jarzenia TL o szerokości 10°C obejmujący maksimum tej krzywej. Dla wszystkich próbek z Busówna jako sumę światła TL przyjęto taki obszar pod krzywą jarzenia (np. dla próbki Lub-4375 – 235–245°C; por. ryc. 2). Wartości wieku TL zostały podane dla przedziału ufności 68%.

3. KONTEKST ARCHEOLOGICZNY: ZESPÓŁ OSADNICZY W BUSÓWNIE

3.1. OBIEKT I JEGO CHRONOLOGIA

Grodzisko, stan.1 (AZP 77-88/2), położone jest w miejscowości Busówno, pow. chełmski, woj. lubelskie. Obiekt usytuowany jest w partii zbocza doliny rzeki Świnki (dopływ Wieprza) i należy do dużych, pierścieniowatych założeń obronnych charakterystycznych głównie dla Małopolski okresu przedpaństwowego (A. Buko 2004, s. 313; M. Wojenka 2006, s. 291). Tworzą go dwa dookólne pierścienie wałów zamykające przestrzeń o powierzchni 7 ha (A. Buko,

Tabela 2. Wartości dawki równoważnej ED, poprawki na nadliniowość I, dawki archeologicznej AD oraz wartości wieku TL

Table 2. Values of equivalent dose (ED), correction for superlinearity (I), archaeological dose (AD) and TL age estimate

Nr laboratoryjny próbki	Dawka roczna całkowita DR _{całk} (Gy/ka)	Dawka równoważna ED (Gy)	Poprawka na nadliniowość I (Gy)	Dawka archeologiczna AD (Gy)	Wiek TL (lata BP)	Wiek TL (lata A.D.)	Przedział wieku TL (lata A.D.)
Lub-4350	3,68±0,18	4,21±0,29	0	4,21±0,29	1150±72	856±72	784–928
Lub-4372	3,605±0,09	2,03±0,11	0,22±0,05	2,25±0,12	624±37	1382±37	1345–1419
Lub-4373	3,115±0,07	2,02±0,1	0,50±0,07	2,52±0,13	809±45	1197±45	1152–1242
Lub-4374	5,184±0,13	5,63±0,29	0,70±0,15	6,33±0,32	1221±68	785±68	717–853
Lub-4375	4,723±0,12	4,27±0,21	0,26±0,1	4,53±0,23	959±55	1047±55	992–1102
Lub-4376	4,39±0,11	4,69±0,23	0,24±0,1	4,93±0,25	1123±64	883±64	819–947
Lub-4377	3,989±0,10	4,53±0,22	0,25±0,1	4,78±0,24	1198±67	808±67	741–875

T. Dzieńkowski, w druku). Wały są zachowane we fragmentach i występują w postaci niewielkich nasypów ziemnych o wysokości od 0,3 do 0,8 m. Od strony zewnętrznej otaczają je niezbyt rozległe przegłębienia w formie rowów. Majdan grodziska w obrębie wału wewnętrznego ma przybliżoną powierzchnię 3,2 ha. W jego południowo-wschodniej części znajduje się widoczne w terenie wyniesienie w kształcie kopca.

Obiekt był w niewielkim stopniu rozpoznany za pomocą badań powierzchniowych i wykopaliskowych w latach siedemdziesiątych i osiemdziesiątych XX w. (J. Cichomski 1980, s. 19–24; H. Wróbel 1985). Wyniki tych prac wskazywały na jego długi czas funkcjonowania (VII–XIII w.) oraz złożoną sytuację stratygraficzną i kulturową. Ze względu na szczególne cechy grodziska, takie jak: nizinne położenie, skomplikowane stratyfikacje, wielofazowość i wielokulturowość, w latach 2004–2005 wznowiono tu prace wykopaliskowe. Ich celem było sprecyzowanie funkcji i chronologii grodu oraz jego roli na terenie kulturowo-politycznego pogranicza we wczesnym średniowieczu (por. A. Buko 2004, s. 309 n.; tenże 2005, s. 243 n.)³.

Badaniami objęto dwa wały i rowy oraz teren kopca i majdanu (ryc. 4). Ich wyniki wskazują jednoznacznie na dwufazowość obiektu. Faza I wiązała się z zajęciem pod gród przestrzeni o powierzchni około 7 ha i otoczeniem go wałem o konstrukcji drewniano-ziemno-kamiennej. Stwierdzono, że koncentracja zasiedlenia w tej fazie miała miejsce w części centralnej obiektu, obejmującej teren wyniesiony. Budowa wału nastąpiła najpewniej w 2 poł. X w., na co wskazuje

³ Badania prowadzono w ramach grantu naukowego „Ziemia chełmska w dobie tworzenia się państwowości polskiej i ruskiej” pod kierownictwem naukowym prof. dr. hab. A. Buko (por. A. Buko, T. Dzieńkowski, S. Gołub 2006).



Ryc. 4. Grodzisko w Busównie, stan. 1, w trakcie eksploracji wału środkowego w 2005 r. W głębi (miejsce porośnięte drzewami) kopiec centralny. Widok od strony południowej.

Fot. A. Buko

Fig. 4. Busówno site 1 during exploration of the central rampart in 2005. Central mound at far back (overgrown with trees). View from the south.

Photo A. Buko

datowanie dendrochronologiczne (912–950 +x A.D.)⁴ oraz data ¹⁴C drewna wykorzystanego do faszynowania podłoża wału (890–980 A.D.) (M. Krąpiec 2004). Koniec użytkowania grodu wynikał zapewne z częściowego lub zupełnego jego zniszczenia w wyniku pożaru (najazd zbrojny?), którego liczne ślady zarejestrowano w nawarstwieniach majdanu i kopca.

W fazie 2 użytkowania zespołu grodowego zmniejszono jego powierzchnię użytkową do około 3 ha, przy czym osadnictwo ponownie skupiło się na centralnym wyniesieniu. Przypuszczalnie z etapem tym wiązała się budowa wału

⁴ Wydatowany kołek dębowy z 39 słojami był pozbawiony warstwy bielu, co sugeruje, że do ostatniego przyrostu należy dodać całą brakującą warstwę bielu i nieznaną liczbę słoju twardzieli (+x). Sytuacja ta pozwala tylko na wyznaczenie najwcześniejszej możliwej daty ścięcia drzewa i budowy konstrukcji po roku 950. Z kolei uzyskana data ¹⁴C (890–980 A.D.) z elementów moszczenia wału wskazywałaby, iż budowa umocnień nie nastąpiła później niż w końcu X w. Kołek pozyskano z zasypiska rowu otaczającego wał zewnętrzny. Nie pochodził zatem bezpośrednio z konstrukcji, lecz stanowił jej destrukcję. Mając jednakże na uwadze fakt, iż struktura nawarstwień wału w tym miejscu była homogenna, uznano za wysoce prawdopodobne, że chronologia znaleziska wyznacza moment podjęcia budowy umocnień. Nie można jednak wykluczyć, iż kołek mógł pochodzić, np. z naprawy wału. Dodajmy w tym miejscu, że uzyskana dendrodata wskazywała za możliwe do przyjęcia dwa przedziały dopasowania: 912–950 A.D. i 1138–1190 A.D. Na podstawie dodatkowej analizy radiowęglowej kołka uzyskano datę ¹⁴C (690–890 A.D.), tym samym za właściwy przedział czasowy uznano pierwszy z nich.

wewnętrznego. Jego struktura ziemna, faszynowanie zboczy oraz brak śladów drewnianych umocnień wskazują, że konstrukcja ta pełniła głównie rolę zapory wodnej. Wynik datowania ^{14}C kołków i patyków pochodzących z faszynowania zboczy rowu mieści się w przedziale pomiędzy połową XI a połową XII w. (1050–1160 A.D.), co wyznacza *terminus post quem* dla czasu powstania nasypu wału. W takiej sytuacji należałoby założyć, iż budowa wału mogła nastąpić najpóźniej około połowy XII w. Data ta wyznaczałaby zatem początek fazy 2. Potwierdzeniem użytkowania grodu w tym okresie było odkrycie półziemianki z XII–XIII w. usytuowanej na majdanie wewnętrznego grodu.

Relikty kolejnego wału odkryto w przekopie przez kopiec (ryc. 5). Niewielki zakres prac terenowych uniemożliwia uściślenie przebiegu umocnień, których chronologię można odnieść do fazy 2 jedynie na podstawie danych stratygraficznych.

Najmłodszy poziom użytkowania grodu wyznacza cmentarz z grobami szkieletowymi, który mógł powstać w końcowym etapie fazy 2 (XIII w.?). Opierając się na materiałach zabytkowych, głównie na charakterystycznych formach naczyń ceramicznych z dość jednolitym zdobnictwem (pobiałką), można przyjąć z dużym stopniem prawdopodobieństwa, iż użytkowanie grodu w tej fazie związane było z napływem ludności ruskiej lub zachowującej elementy kultury ruskiej.

Funkcjonowanie ośrodka w opisywanej fazie znajduje odbicie w źródłach pisanych. Przypomnieć tu trzeba wzmiankę zamieszczoną w kronice haličko-wołyńskiej pod rokiem 1234, o najeździe jaćwieskim na „Busowno” i „Ochoż” (M. Bartnicki 2005, s. 159).

Kres użytkowania grodu w Busównie można wstępnie odnieść na podstawie przesłanek historycznych, takich jak śmierć w 1323 r. ostatniego z Romanowiczów i sukcesywne włączanie terenów pogranicza do Polski, do połowy XIV w. (R. Szczygieł 1996, s. 37 n.).



Ryc. 5. Busówno, stan. 1. Kopiec centralny, przekrój przez skarpe zachodnią. Na pierwszym planie pozostałości fosy i nadbrzeża, w głębi dolne nawarstwienia wału drewniano-ziemnego.

Fot. A. Buko

Fig. 5. Busówno site 1. Central mound, section through western slope. Remains of moat and waterfront in the foreground, at the back the lower layers of a wood-and-earth rampart.

Photo A. Buko

3.2. CHARAKTERYSTYKA CERAMIKI NACZYNIOWEJ FAZY 1

Do fazy tej należy łącznie 1138 ułamków ceramiki (ryc. 6, 7a, b). Pod względem technologiczno-stylistycznym stanowi ona dość jednorodny zbiór. Naczynia wykonywano z gliny żelazistej z dużą domieszką drobno- i średnioziarnistego tłuczni oraz piasku. Stosowano technikę ugniatania z wałków i taśm, a następnie wyroby obtaczano obustronnie do załomu brzuśca (wyjątkowo zaś do dna). W dolnych partiach brzuśców widoczne są ślady po pionowym wyrównywaniu, w postaci nierównych pociągnięć tkaniną i palcami. Naczynia były zdobione ornamentem linii falistej lub/i dookólnymi żłobkami, umieszczanymi na brzuścu. Wśród stosowanych zdobień zarejestrowano również nacinanie, odciskanie oraz stempelki. Ceramika ornamentowana stanowiła 26% analizowanego zbioru.

Podstawowym typem naczyń były garnki esowate z różnie ukształtowanymi wylewami. Znalazły one analogie w materiałach małopolskich: w Krakowie (IX–XIII w.), Naszacowicach (VIII–XI w.) (K. Radwański 1968; J. Poleski 2004, s. 286), a także na stanowiskach znanych z terenu Lubelszczyzny: w Strzyżowie (IX–X w.), Wołajowicach, Woli Siennickiej (IX–X w.), Lublinie (VII–IX w.), Czermnie (poziom z X w.) (L. Rauhut 1957; A. Abramowicz 1959; A. Uzarowiczowa 1964; K. Musianowicz 1975; S. Hoczyk-Siwkova 1978, s. 212–221; W. Mazurek 1990; 1995). Wyjątkiem jest fragment naczynia o formie dwustożkowej nawiązujący do wczesnośredniowiecznej ceramiki występującej w północno-zachodniej Polsce i północno-wschodnich Niemczech (ryc. 6b; M. Dulnicz 2001, s. 51–54; M. Brzostowicz 2002, s. 31–34).

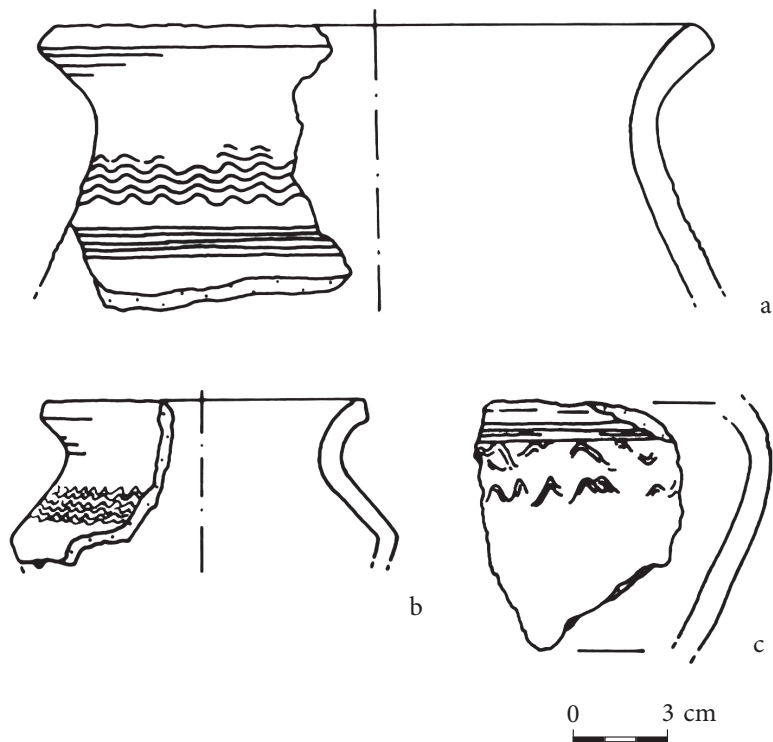
Na podstawie wyróżnionych cech technologicznych i stylistycznych oraz nawiązania do innych zespołów chronologię tego typu materiałów odnieść można do IX–XI w. (por. K. Radwański 1968, s. 33–35; Z. Kurnatowska 1973, s. 435–447; S. Hoczyk-Siwkova 2006, s. 65–70).

3.3. CHARAKTERYSTYKA CERAMIKI NACZYNIOWEJ Z FAZY 2

Pozyskano łącznie 1569 ułamków naczyń glinianych należących do tej fazy (ryc. 7c, d). Do produkcji wyrobów tej grupy stosowano glinę żelazistą ze znaczną ilością domieszki drobnej frakcji piaszczystej (98,9%). Jedynie niektóre wyroby wykonano z tzw. białej gliny (1,1%). Naczynia wykonywano techniką ugniatania na kole garncarskim, a następnie obtaczano silnie formująco. Powierzchnię zewnętrzną wyrobów pokrywano pobiałką i zdobiono żłobkami poziomymi i pojedynczą linią falistą. Ceramika ornamentowana stanowiła 16,8% badanego zbioru. Podstawową formę w tej grupie stanowią garnki esowate z różnie ukształtowanym wylewem. Wśród analizowanych naczyń odnotowano również fragmenty naczyń szklwionych⁵.

Ceramika naczyniowa fazy 2 reprezentuje jednolity technologicznie i stylistycznie zbiór znalezisk charakterystycznych dla terenów Rusi w XI–XIII w.

⁵ Są to szklwa tego samego rodzaju, jakie zidentyfikowano w latach ubiegłych w materiałach wczesnośredniowiecznego Chełma (szerzej o recepturach szklw chełmskich i przemyskich pisze M. Auch 2004; 2007).



Ryc. 6. Fragmenty naczyń z grupy 1. Próbkki datowane metodą TL
a — Lub-4374; b — Lub-4376; c — Lub-4350.

Rys. E. Wójtowicz

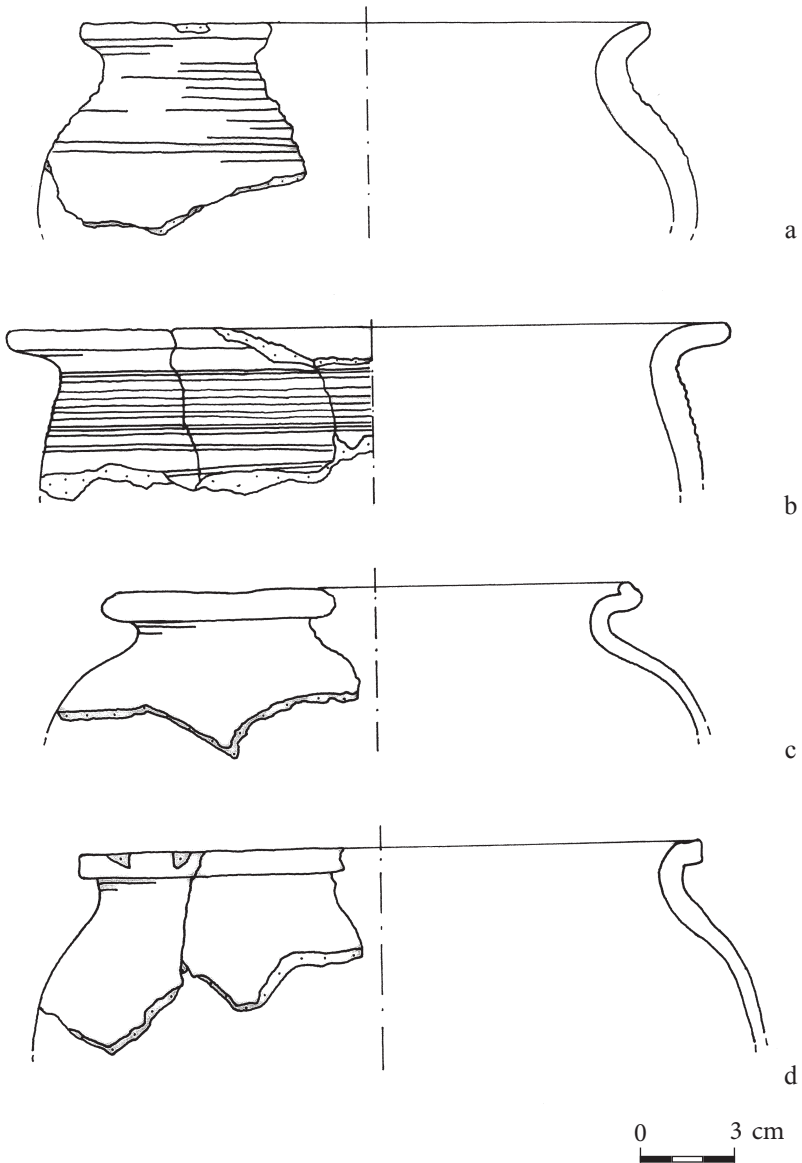
Fig. 6. Potsherds from group 1. Samples dated with the TL method
a — Lub-4374; b — Lub-4376; c — Lub-4350.

Drawing E. Wójtowicz

(M.V. Malevskaâ 1969; 1971). Szczególnie powszechne były tam naczynia z tzw. zgrubieniem od wewnątrz, określane mianem typu ogólnoruskiego. Ceramika ta znana jest od XII w. również na stanowiskach z terenu Polski, zwłaszcza w międzyrzeczu Wieprza i Bugu, m.in. z takich miejscowości, jak: Horodyszczce, pow. Biała Podlaska, Andrzejów, pow. Włodawa, Busówno, Stołpie i Czułczyce, pow. Chełm, Chełm, pow. loco, Kumów i Horodysko, pow. Chełm, Cermno, pow. Tomaszów Lubelski (T. Dzieńkowski 2002; 2006, s. 131).

4. OPIS PRÓBEK PODDANYCH ANALIZIE METODĄ TL

Do badań TL wytypowano 7 fragmentów ceramiki, które pozyskano z różnych kontekstów stratygraficznych (jam, nawarstwień osadniczych, wypełnisk



Ryc. 7. Górne partie naczyń grup 1 i 2. Próbkę datowane metodą TL

a — Lub-4377; b — Lub-4375; c — Lub-4372; d — Lub-4373; a, b — ceramika grupy 1; c, d — ceramika grupy 2.

Rys. E. Wójtowicz

Fig. 7. Upper parts of vessels from groups 1 and 2. Samples dated with the TL method

a — Lub-4377; b — Lub-4375; c — Lub-4372; d — Lub-4373; a, b — pottery from group 1; c, d — pottery from group 2.

Drawing E. Wójtowicz

grobów i nasypu wału). Pięć próbek pochodzi z zespołów fazy 1, natomiast dwie z fazy 2. Osad mineralny z domieszką organiczną pobrano z wykopu 6 z głębokości 50 cm. Ceramikę wyselekcjonowaną do badań TL po oczyszczeniu pakowano do worków nieprzepuszczających światła.

4.1. CHARAKTERYSTYKI SZCZEGÓŁOWE ANALIZOWANYCH PRÓBEK

Próbka Lub-4350 (wykop 6, jednostka stratygraficzna [dalej: js.] 44a – destrukcja wału i cmentarza, nr inw. B/w-72/05). Fragment brzuśca o wielkości 5×10 cm i grubości ścianki 8 mm pochodzi z naczynia wykonanego z gliny żelazistej, z domieszką średnio- i gruboziarnistego tłuczni, obtaczanego do załomu brzuśca, zdobionego linią falistą oraz żłobkami poziomymi (ryc. 6c). Od strony wewnętrznej zachowały się przywary organiczne, które wydatowano metodą ^{14}C na lata 820–1000 A.D.

Próbka Lub-4374 (wykop 6, js. 61 – warstwa z wkopami grobowymi, nr inw. B/w-8/05). Fragment brzegu garnka o średnicy wylewu 20 cm, wielkości 8×9 cm i grubości ścianki 9 mm. Pochodzi z naczynia wykonanego z gliny żelazistej z niewielką domieszką tłuczni oraz większą ilością średnioziarnistego piasku, obtaczanego do załomu brzuśca, zdobionego linią falistą i żłobkami (ryc. 6a).

Próbka Lub-4375 (wykop 6, js. 81a – spąg wału, nr inw. B/w-19/05). Fragment wylewu garnka o średnicy 23 cm, wielkości 9×5 cm i grubości ścianki 9 mm. Pochodzi z naczynia wykonanego z gliny żelazistej, schudzonej drobno- i średnioziarnistym piaskiem. Wyrób był obtaczany do załomu brzuśca i zdobiony żłobkami poziomymi (ryc. 7b).

Próbka Lub-4376 (wykop 6, js. 83 – jama pod wałem, nr inw. B/w-53/05). Fragment naczynia dwustożkowatego o średnicy wylewu 10 cm, wielkości 5×6 cm i grubości ścianki 5 mm. Pochodzi z naczynia wykonanego z gliny żelazistej z domieszką drobnoziarnistego piasku i tłuczni, obtaczanego co najmniej do załomu brzuśca (brak dolnych partii), zdobionego ornamentem linii falistych (ryc. 6b).

Próbka Lub-4377 (wykop 6, js. 64 – nasyp wału, nr inw. B/w-9/05). Fragment wylewu garnka o esowatym profilu, o średnicy 18 cm, wielkości $6,5 \times 7$ cm i grubości ścianki 9 mm. Pochodzi z naczynia wykonanego z gliny żelazistej z domieszką tłuczni i drobnego piasku, obtaczanego do załomu brzuśca. Wyrób zdobiony jest żłobkami dookólnymi (ryc. 7a).

Próbka Lub-4373 (wykop 9, js. 118 – z wypełniska reliktyw budynku, nr inw. B/67/05). Górna część garnka o średnicy 20 cm; zachowana wielkość fragmentu $6,5 \times 7$ cm, grubość ścianki 5 mm. Naczynie wykonano z gliny żelazistej z domieszką drobnoziarnistego piasku i obtoczono silnie formująco. Wylew odgięty na zewnątrz i ścięty pionowo. Brak zdobienia (ryc. 7d).

Próbka Lub-4372 (wykop 9, js. 118 – zasypisko budynku, nr inw. B/67/05). Fragment górnej części garnka o średnicy 17 cm, wielkości $5,5 \times 6$ cm i grubości ścianki 4 mm. Pochodzi z naczynia wykonanego z gliny żelazistej z domieszką piasku, całkowicie obtaczanego. Wylew z charakterystycznym zagięciem do wewnątrz. Brak zdobienia (ryc. 7c).

5. OMÓWIENIE WYNIKÓW DATOWAŃ CERAMIKI METODĄ TL

5.1. DATOWANIE CERAMIKI POCHODZĄCEJ Z FAZY 1 ZESPOŁU GRODOWEGO

Daty uzyskane za pomocą metody TL potwierdziły dwufazowość materiałów ceramicznych wytypowanych do badań (tabela 3, 4). Dla wszystkich próbek ceramiki fazy I uzyskano daty zawarte pomiędzy 717 a 1102 A.D. (początek VIII–początek XII w.). Odnotujmy, że daty analizowanych próbek przypadają na koniec VIII w. (785 ± 68 A.D.), wiek IX (856 ± 72 A.D., 883 ± 64 A.D., 808 ± 67 A.D.) i 1 poł. wieku XI (1047 ± 55 A.D.). W czterech przypadkach otrzymano wyniki w przedziale czasowym pomiędzy 717 a 947 A.D. (początek VIII–połowa X w.). Wszystkie mieszczą się więc w przyjętych ramach chronologicznych fazy 1. Interesującym wynikiem okazało się „podwójne” datowanie próbki Lub-4350, dla której uzyskano daty TL (784 – 928 A.D., przy przedziale ufności 68%) oraz ^{14}C (910 – 975 A.D., przy przedziale ufności 57,4%; 860 – 1000 A.D., przy przedziale ufności 93,6%). Podkreślenia godny jest też fakt, że obydwa datowania mają wspólną „przestrzeń czasową”, jaką wyznaczają wieki IX i X.

Tabela 3. Busówno, stan. 1. Zestawienie wyników datowań TL ceramiki grup 1 i 2

Table 3. Busówno site 1. TL dating results for pottery of groups 1 and 2

Nr laboratoryjny próbki	Lokalizacja próbki			Chronologia względna	TL A.D.	TL przedział A.D.	^{14}C A.D.	Faza
	wykop	jednostka stratygraficzna	funkcja jednostki					
Lub-4350	6	44a	rozsypano wału i cmentarza	X w.	856 ± 72	784 – 928	93,6% 860 – 1000	1
Lub-4374	6	61	warstwa cmentarna	IX–X w.	785 ± 68	717 – 853		1
Lub-4375	6	81a	spąg wału	X w.	1047 ± 55	992 – 1102		1
Lub-4376	6	83	jama poniżej wału	X–XI w.	883 ± 64	819 – 947		1
Lub-4377	6	64	nasyp wału	IX–X w.	808 ± 67	741 – 875		1
Lub-4373	9	118	budynek	XII–XIII w.	1197 ± 45	1152 – 1242		2
Lub-4372	9	118	budynek	XII–XIII w.	1382 ± 37	1345 – 1419		2

Tabela 4. Busówno, stan. 1. Zestawienie wyników datowań metodami bezwzględnyymi
Table 4. Busówno site 1. Absolute dating results

Faza	Wykop	Jednostka stratygraficzna	Rodzaj próbki	Nr próbki	Typ datowania	Daty A.D.	Wiek BP ¹⁴ C	Wiek BP TL	
1	5 (wał wewnętrzny)	9 — destrukcja wału	nadpalony kołek dębowy (39 słoików)	Busow 1	dendro-chronologia	912–950 1138–1190	1245±30		
				Poz-9885	¹⁴ C	68,2%: 690–820 5,0%: 840–860 95,4%: 680–890 OxCal 3.5			
			10 — moszczenie wału	patyki i kołki	Rome-1986	¹⁴ C	890–980	1120±40	
		6 (kopiec)	44a — warstwa rumowiskowa	organiczne przywary z wewnętrznej ścianki ułamka ceramiki	Poz-14000	¹⁴ C	10,8%: 890–905 57,4%: 910–975 1,8%: 820–850 93,6%: 860–1000 OxCal 3.10	1120±30	
	fragment ceramiki z przywarą			Lub-4350	TL	856±72 784–928	1094±72		
	fragment ceramiki			Lub-4374	TL	785±68 717–853	1221±68		
			81a — jama	fragment ceramiki	Lub-4375	TL	1047±55 992–1102	959±55	
			83 — jama	fragment ceramiki	Lub-4376	TL	883±64 819–947	1123±64	
			64 — nasyp wału	fragment ceramiki	Lub-4377	TL	808±67 741–875	1198±67	
	2	7 (wał wewnętrzny)	58 — faszyna ze zbrocza fosy	kołki, patyki	Rome-1756	¹⁴ C	1050–1160	1010±50	
fragment ceramiki				Lub-4373	TL	1197±45 1152–1242	809±45		
9 (majdan)		118 — budynek	fragment ceramiki	Lub-4372	TL	1382±37 1345–1419	624±37		

Analizowane próbki pochodziły ze zróżnicowanych struktur: warstw rozsy-piska wału, warstwy cmentarzyskowej (js. 44a) oraz nasypu wału (js. 64), więc ich datowanie nie odzwierciedla bezpośrednio chronologii kontekstu. Ale z tego punktu widzenia na uwagę zasługuje próbka Lub-4376 (819–947 A.D.), pozyskana z wypełniska jamy (js. 83), zalegającej poniżej nasypu wału (js. 64), co wyznacza *terminus post quem* dla czasu wzniesienia umocnień.

5.2. DATOWANIE CERAMIKI POCHODZĄCEJ Z FAZY 2 ZESPOŁU GRODOWEGO

Z fazy 2 wybrano próbki pochodzące z dwóch naczyń, dla których uzyskano następujące daty: 1197±45 A.D. i 1382±37 A.D. Oba fragmenty pochodzą z partii spąkowej obiektu mieszkalnego usytuowanego na majdanie grodziska. Otrzymane daty wyraźnie się różnią. Można w tym miejscu postawić pytanie, czy nie wyznaczają one momentu początkowego i końcowego użytkowania budynku, wskazując tym samym na datowanie fazy 2. Taka interpretacja miałaby swoje uzasadnienie w dotychczasowej chronologii ceramiki tego typu oraz w datach ¹⁴C i wzmiankach źródeł pisanych dotyczących Busówna (por. wyżej). Ale jednocześnie nie można wykluczyć, że pierwsza próbka należeć może do materiału rezydualnego, który wraz z innymi składnikami glebowymi znalazł się wśród materiałów użytych do konstrukcji obiektu mieszkalnego. W celu potwierdzenia (lub wykluczenia) takiego założenia konieczne byłoby wszakże objęcie analizą większej liczby próbek.

6. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Datowanie wczesnośredniowiecznej ceramiki z Busówna przeprowadzone za pomocą metody TL już na wstępnym etapie badań wydaje się bardzo obiecujące. Zaletą metody jest powszechna dostępność ceramiki oraz krótki czas jej użytkowania, nieprzekraczający najczęściej okresu 1–2 lat. Z badań pozyskuje się dwa typy informacji, a mianowicie czas wypału danego fragmentu naczynia oraz datowanie kontekstu jego znalezienia. To ostatnie jest możliwe w przypadku, jeżeli spełnione są kryteria dotyczące homogeniczności wypełniska, skąd pochodzi badana próbka, oraz gdy znane są jej relacje stratygraficzne i kontekstualne. Dlatego niezwykle ważne pozostaje przestrzeganie określonych procedur na etapie dokumentowania materiałów wytypowanych do analizy.

Trudno w tym miejscu przesądzać o skali wykorzystania metody TL do datowania ceramiki wczesnośredniowiecznej. Wykonano bowiem zbyt małą serię analiz, na dodatek na stanowisku, które nie zostało jeszcze w pełni rozpoznane. Niezbędne są zatem dalsze badania. Ale już na obecnym etapie trudno nie zauważyć, że we wszystkich analizowanych przypadkach uzyskane wyniki datowań metodą TL dają się umieścić w obrębie faz chronologicznych wydzielonych uprzednio metodami archeologicznymi i datowaniami bezwzględnyymi.

Podstawowym pytaniem, na jakie szukano odpowiedzi, było określenie początków osadnictwa na badanym terenie, czyli początku fazy 1 grodu w Busównie. W świetle uzyskanych datowań TL ceramiki można je odnieść do wieku IX. Dane te wskazują zatem na nieco wcześniejszy okres, aniżeli wynikałoby ze wspomnianej wyżej dendrodaty fazy 1 odnoszącej się do okresu po 950 r. Również w tym przypadku należy mieć na uwadze tę okoliczność, że zgodnie z regułami datowania dendrochronologicznego pojedyncza analiza próbki drewna nie może być argumentem przesądającym.

Niezwykle istotne dla badaczy wczesnego średniowiecza pozostają działania mające na celu dalsze zmniejszanie błędu datowania metodą TL. Przyczyn ograniczeń na obecnym etapie badań jest wiele. Wynikają one zarówno z niedoskonałości samej metody, jak i ze zbyt małej uwagi przykładanej do danych kontekstualnych, zatem do bezpośredniego otoczenia z jakiego pochodzi analizowana ceramika. Rozwiązanie tych i wielu innych kwestii wymaga ścisłej współpracy archeologa i fizyka.

Niezależnie od sformułowanych wyżej uwag, pierwsze wyniki uzyskane dla ceramiki z grodziska w Busównie skłaniają do optymizmu. Jednak w celu sprawdzenia tej metody niezbędne jest wykonanie większej liczby badań ceramiki pochodzącej ze stanowisk o dobrze określonej chronologii, najlepiej niezależnymi metodami.

Autorzy wyrażają nadzieję, że już w najbliższej przyszłości metoda ta może być uznana za jedną z efektywnych technik datowania nie tylko materiałów ze starszych okresów chronologicznych, ale również tych pochodzących z wczesnego średniowiecza.

Słowa kluczowe: średniowiecze, chronologia, grodzisko, polsko-ruskie pogranicze, ceramika, datowanie metodą termoluminescencyjną

WYKAZ CYTOWANEJ LITERATURY

Wykaz skrótów

- „APolski” — „Archeologia Polski”, Wrocław–Warszawa–Kraków–Gdańsk–Łódź (od 1990 r. Warszawa).
„WA” — „Wiadomości Archeologiczne”, Warszawa.

Literatura

Abramowicz A.

1959 *Ceramika z Czermna nad Huczwą*, „APolski”, t. 4, z. 1, s. 149–185.

Adamiec G., Aitken M.J.

1998 *Dose-rate conversion factors: update*, „Ancient TL”, t. 16, 2, s. 37–50.

Adamiec G., Bluszcz A.

1994 *Termoluminescencyjne datowanie neolitycznej ceramiki z terenu Małopolski (okoliczności Kazimierzy Wielkiej)*, „Światowit”, t. 39, s. 157–181.

- Aitken M.J.
1985 *Thermoluminescence dating*, London–Florida.
1989 *Luminescence dating: a guide for non-specialists*, „Archaeometry”, t.31, s. 147–159.
1998 *An introduction to optical dating*, Oxford.
- Aitken M.J., Mores P.R.S., Ucko P.J.
1971 *The authenticity of vessels and figurines in the Hacilar style*, „Archaeometry”, t. 13, s. 89–141.
- Auch M.
2004 *Wczesnośredniowieczna ceramika szkliwiona z Chełma, woj. lubelskie*, „APolski”, t. 49, z. 1–2, s. 49–94.
2007 *Produkcja średniowiecznej ceramiki szkliwionej w osadzie garncarskiej w Przemysłu na Zasaniu*, „APolski”, t. 52, z. 1–2, s. 131–175.
- Bartnicki M.
2005 *Polityka zagraniczna księcia Daniela Halickiego w latach 1217–1264*, Lublin.
- Benea V., Vandenberghe D., Timar A., Van den Haute P., Cosma C., Gligor M., Florescu C.
2007 *Luminescence dating of Neolithic ceramics from Lumea Nouă, Romania*, „Geochronometria”, t. 28, s. 9–16.
- Bluszcz A.
1989 *Datowanie ceramiki metodą termoluminescencyjną*, „Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej”, seria Matematyka-Fizyka, z. 61, „Geochronometria”, nr 6, s. 193–201.
1993 *Thermoluminescence dating of deposits from the area of Bir Sahara East and Bir Tarfawi, [w:] Egypt during the last Interglacial. The Middle Paleolithic of Bir Tarfawi and Bir Sahara East*, F. Wendorf, R. Schild. A.E. Close red., New York, s. 224–226.
- Bluszcz A., Pazdur M.F.,
1987 *Thermoluminescence dating of the Middle Paleolithic at Wadi Kubbaniya, [w:] The Prehistory of Wadi Kubbaniya, t. 2, Stratigraphy, paleoeconomy, and environment*, F. Wendorf, R. Schild, A. Close red., Dallas, s. 270–273.
1994 *Datowanie metodą termoluminescencji zabytkowej ceramiki z grodziska w Haćkach na Podlasiu*, „Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej”, seria Matematyka-Fizyka, z. 70, „Geochronometria”, nr 9, s. 47–67.
- Brzostowicz M.
2002 *Bruszczewski zespół osadniczy we wczesnym średniowieczu*, Poznań.
- Buko A.
2004 *Ziemia chełmska w początkach państwa polskiego: problematyka badawcza, [w:] Przez pradzieje i wczesne średniowiecze*, J. Libera, A. Zakościelna red., Lublin, s. 309–324.
2005 *Archeologia Polski wczesnośredniowiecznej*, Warszawa.
- Buko A., Dzieńkowski T.
w druku *Osadnictwo wczesnośredniowieczne polsko-ruskiego pogranicza. Grodzisko w Busównie w świetle nowszych badań archeologicznych*, „Sprawozdania Archeologiczne”.

- Buko A., Dzieńkowski T., Gołub S.
2006 *Ziemia chełmska w kontekście budowy państwowości polskiej i ruskiej: przykład badań Busówna i Czulczyc*, Chełm–Warszawa, maszynopis przechowywany w Samodzielnej Pracowni Dokumentacji Naukowej i Archiwalnej Instytutu Archeologii i Etnologii PAN w Warszawie.
- Burnett S.M.
2000 *Luminescence dating of pottery from Later Prehistoric Britain*, „Archaeometry”, t. 42, z. 2, s. 431–457.
- Cichomski J.
1980 *Wczesnośredniowieczne osadnictwo obronne na terenie województwa chełmskiego. Katalog grodzisk*, Lublin, maszynopis przechowywany w Muzeum Chełmskim w Chełmie.
- Dulinicz M.
2001 *Kształtowanie się Słowiańszczyzny północno-zachodniej*, Warszawa.
- Dzieńkowski T.
2002 *Górka Chełmska we wczesnym średniowieczu*, [w:] *Badania archeologiczne. O początkach i historii Chełma*, E. Banasiewicz-Szykuła red., Lublin, s. 73–84.
2006 *Poleskie pogranicze kulturowe w XI–XIII wieku*, [w:] *Badania archeologiczne na Polesiu Lubelskim*, E. Banasiewicz-Szykuła red., Lublin, s. 119–134.
- Fleming S.J.
1970 *Thermoluminescent authenticity testing of a Pontic amphora*, „Archaeometry”, t. 12, z. 2, s. 129–131.
1979 *Thermoluminescence techniques in archaeology*, Oxford.
- Frechen M.
1992 *Systematic thermoluminescence dating of two loess profiles from the Middle Rhine Area (F.R.G.)*, „Quaternary Science Reviews”, t. 11, s. 93–101.
- Hoczyk-Siwkowska S.
1978 *Chronologia ceramiki wczesnośredniowiecznej (VI–IX w.) z Lublina*, „Slavia Antiqua”, t. 25, s. 189–221.
2006 *Kotlina Chodelska we wcześniejszym średniowieczu. Studium archeologiczno-osadnicze*, Lublin.
- Ichikawa Y., Nagatomo T., Hagihara N.
1978 *Thermoluminescent dating of Jamon pottery from Taishaku Valley*, „Archaeometry”, t. 20, z. 2, s. 171–176.
- Krąpiec M.
2004 *Analiza dendrochronologiczna próbki drewna z Busówna, st.1*, Kraków, maszynopis przechowywany w firmie „Usługi Archeologiczne” w Chełmie.
- Kurnatowska Z.
1973 *Główne momenty w rozwoju wczesnośredniowiecznego garncarstwa polskiego*, „Kwartalnik Historii Kultury Materialnej”, R. 21, nr 3, s. 435–447.
- Kusiak J.
2006 *Lessy górnoplejstoczeńskie Polski południowo-wschodniej i Ukrainy północno-zachodniej w świetle datowań termoluminescencyjnych*, Lublin, maszynopis rozprawy doktorskiej przechowywany w Instytucie Nauk o Ziemi UMCS w Lublinie.

Malevskaâ M.V.

- 1969 *K voprosu o keramike galickoj zemli XII-XIII vv.*, „Kratkie Soobšeniâ o dokladah i polevyh issledovaniâh Instituta Arheologii”, t. 120, s. 3-14.
- 1971 *K voprosu o lokal'nykh variantach keramiki zapadnorusskikh zemel' XII-XIII vv.*, „Kratkie Soobšeniâ”, t. 125, s. 27-34.

Mazurek W.

- 1990 *Wczesnośredniowieczna ceramika z Woli Siennickiej, stan.3, woj. chełmskie*, „Lubelskie Materiały Archeologiczne”, t. 3, s. 91-102.
- 1995 *Osada wczesnośredniowieczna w Woli Siennickiej, stan.9, gm. Siennica Różana*, [w:] *Informator o badaniach archeologicznych w województwie chełmskim w 1990 roku*, A. Bronicki, W. Mazurek red., Chełm, s. 21-46.

Mejdahl V.

- 1969 *Thermoluminescence dating of ancient Danish ceramics*, „Archaeometry”, t. 11, z. 1, s. 88-104.

Mejdahl V., Wintle A.G.

- 1984 *Thermoluminescence applied to age determination in archaeology and geology*, [w:] *Thermoluminescence and thermoluminescent dosimetry*, Y.S. Horowitz red., t. III, s. 133-190.

Musianowicz K.

- 1975 *Osada z IX-X wieku w Strzyżowie, pow. Hrubieszów na tle osadnictwa Górnego Pobuża*, „WA”, t. 40, z. 1-2, s. 83-112.

Pazdur M.F.

- 1994 *Stan i praktyka stosowania chronometrii radiowęglowej i termoluminescencyjnej w badaniach archeologicznych na Nizinie Wielkopolsko-Kujawskiej*, [w:] *Nauki przyrodnicze i fotografia lotnicza w archeologii*, K. Tobolski red., Poznań, s. 129-144.

Poleski J.

- 2004 *Wczesnośredniowieczne grody w dorzeczu Dunajca*, Kraków.

Prescott J.R., Hutton J.T.

- 1994 *Cosmic ray contributions to dose rates for luminescence and ESR dating: large depths and long-term time variations*, „Radiation Measurements”, t. 23, nr 2-3, s. 497-500.

Radwański K.

- 1968 *Wczesnośredniowieczna ceramika krakowska i zagadnienie jej chronologii*, „Materiały Archeologiczne”, t. 9, s. 5-71.

Rauhut L.

- 1957 *Osadnictwo wczesnośredniowieczne w Strzyżowie, pow. Hrubieszów*, „WA”, t. 24, z. 1-2, s. 113-129.

Rzechowski J.

- 1995 *Wskaźniki wilgotności osadów mineralnych z obszaru Polski SE*, Warszawa, maszynopis przechowywany w laboratorium TL w Instytucie Nauk o Ziemi UMCS w Lublinie.

Stoebe T.G., Morgan M.D.

- 1984 *Models of TL trapping and recombination centers*, [w:] *Thermoluminescence and thermoluminescent dosimetry*, t. 1, Y.S. Horowitz red., s. 20-44.

Szczygieł R.

- 1996 *Miasto w późnym średniowieczu. Lokacja na prawie niemieckim*, [w:] *Chełm i chełmskie w dziejach*, R. Szczygieł red., Lublin, s. 27–50.

Uzarowiczowa A.

- 1964 *Wyniki badań sondażowych na osadzie wczesnośredniowiecznej w Wołajowicach, pow. Hrubieszów*, „WA”, t. 30, z. 3–4, s. 398–416.

Valladas H., Valladas G.

- 1987 *Thermoluminescence dating of burnt flint and quartz: comparative results*, „Archaeometry”, t. 29, z. 2, s. 214–220.

Wang W., Zhou Z.

- 1983 *Thermoluminescence dating of Chinese pottery*, „Archaeometry”, t. 25, z. 2, s. 99–106.

Wintle A.G.

- 1980 *Thermoluminescence dating: a review of recent applications to non-pottery material*, „Archaeometry”, t. 22, z. 2, s. 113–122.

Wojenka M.

- 2006 *Wielkość i rozplanowanie umocnień wczesnośredniowiecznych grodzisk słowiańskich okresu plemiennego z ziem polskich*, [w:] *Wczesne średniowiecze w Karpatach Polskich*, J. Gancarski red., Krosno, s. 271–302.

Wróbel H.

- 1985 *AZP obszaru 77-88*, Lublin, maszynopis przechowywany w Muzeum Chełmskim w Chełmie.

Zimmermann D.W.

- 1971 *Thermoluminescent dating using fine grains from pottery*, „Archaeometry”, t. 13, z. 1, s. 29–52.

Zimmermann D.W., Huxtable J.

- 1969 *Recent applications and developments in fine grain dating*, „Archaeometry”, t. 11, z. 1, s. 105–108.

ANDRZEJ BUKO, TOMASZ DZIENKOWSKI, JAROSŁAW KUSIAK

DATING EARLY MEDIEVAL CERAMICS BY THE THERMOLUMINESCENCE METHOD: BUSÓWNO SITE CASE STUDY

S u m m a r y

The Early Medieval stronghold of Busówno in the Lublin voivodeship was explored archaeologically in 2004–2005. The site, which lies in the riverside zone of the Świnka river, comprises ring-shaped ramparts encircling an area of 7 ha (Figs 4, 5). Trenches were dug through two of the ramparts, in the inner area of the stronghold and on the so-called mound. The stratigraphical data combined with dendrochronological and radiocarbon dating have confirmed a two-phase development of the site in the tribal (9th–10th century) and early statehood (12th–13th century) periods.

Large ceramic assemblages were recovered from the deposits explored in particular features. Seven sherds were dated by the thermoluminescent (TL) dating method (Figs 6–7).

The TL method has been used many times during the last quarter of a century to date aeolian (sand and loess) deposits, as well as other Pleistocene deposits and burnt flint (e.g. H. Valladas, G. Valladas 1987; A. Bluszcz 1993). In Polish research, the TL method is usually applied at the inter-crossing of archeology and geology, frequently to Pleistocene deposits (e.g. A. Bluszcz, M.F. Pazdur 1987).

The possibility of dating of younger deposits with TL method has generated little interest so far (cf. Figs 1, 2), mostly due to a sustained belief in a still extensive error margin that has made the method less than effective for the Middle Ages.

TL age is the quotient of the archaeological dose (AD) and the annual dose (DR). For the Busówno site the annual dose was calculated as a sum of constituents from alpha and beta radiation for the sample, gamma radiation for the deposit and cosmic radiation. Radioisotope concentration measurements were made by the gamma spectrometric method for parts of the mineral deposits with a mass of about 600 g and pottery samples weighing from 60 to 100 g in the form of round plates c. 60 mm in diameter (Tables 1, 2). Measurement time for deposits was about 70 hours (three cycles of 80 000 seconds each) and for pottery about 200 hours (three cycles of 240 000 seconds each). When calculating the annual dose DR, a correction was made for sample humidity of about 15%.

In order to calculate the archaeological dose (AD), which is the sum of the equivalent dose (ED) and the correction for superlinearity (I), an outer layer of about 2–3 mm was removed from pottery samples weighing about 10 g. The sample was then carefully crushed and the mineral material sieved to isolate a 30–40 µm polymineral fraction. Mineral grains thus obtained were treated with acetic acid to be cleaned and were subsequently divided into two parts. One was used to calculate the equivalent dose (ED) by the additive method, the other to determine the correction (I) resulting from the non-linearity of the dependence $TL = f(D)$ for small doses (Fig. 3).

The proper preparation of a sample for analysis is crucial for the ultimate TL age estimate. In the case of the Busówno material, the procedures were aimed at maximally reducing measurement error. In calculating the annual dose, the measurement error was minimized by the assumed length of the measurement cycle lasting from 3 to 8 days and a precise measurement of the humidity of samples delivered to the laboratory. With regard to equivalent dose calculation, measurement error was minimized by crushing fairly large pieces of pottery in order to isolate grains in the narrow size range of 30–40 µm. The effectiveness of these procedures was confirmed by a measurement error reduced to about 6–7%. Even so, further dating studies on large numbers of samples are necessary to document better applications of the TL dating method in archaeological research.

TL age estimates for the samples from Busówno site confirmed the two-phase chronology of the ceramic material selected for the research. The dating for all ceramic samples from group 1 fell within the time range between A.D. (*Anno Domini*) 717 and 1102 (beginning of the 8th – beginning of the 12th century). In four cases the results ranged between A.D. 717 and 947 (beginning of the 8th – middle of the 10th century; A.D. 784–928, A.D. 717–853, A.D. 819–947, A.D. 741–875). These dates all fall within the chronological timeframe assumed for group 1. An interesting experiment was the “double” dating of sample Lub-4350, giving a TL age estimate of A.D. 784–928 compared to ¹⁴C dating of A.D. 860–1000.

The TL dating of Early Medieval ceramics from the Busówno stronghold appears promising at this early stage of the research. The results provide two kinds of information: concerning the firing date of a given vessel and a potential dating of the context. This is possible when criteria concerning the homogeneity of the fill from which the sample comes are wet and when the stratigraphic relation with surrounding structures is known.

At the present stage of the research, the scope of effective TL method usefulness for dating Early Medieval ceramics cannot be fully evaluated. The analyses series is still too small on a site which has yet to be investigated comprehensively. Even so, it should be noted in this context that in all the analyzed cases the dating results have been grouped within the time ranges established

already by other methods. The TL age estimates obtained for the Busówno site have been burdened with an error margin of 6–7%, allowing them to be correlated with the results of ^{14}C and dendro-chronological dating (Tables 3, 4).

More work should be done on reducing the error margin for dating with the TL method. There are still many limiting factors at this stage of the research, resulting from the method's imperfections as well as from the little attention paid to contextual data, that is, the immediate surroundings from which the sampled pottery originates. Solutions to this question demand further close and continuous cooperation between the archaeologist and the physicist.

The TL age estimates obtained for the Busówno stronghold are a reason for optimism, leading one to express the hope that the method will soon be accepted as an effective dating technique for Early Medieval as well as prehistoric materials.

Keywords: Middle Ages, chronology, strongholds, Polish-Rus' frontier, ceramics, thermoluminescence dating method

Translated by Iwona Zych

Adresy Autorów:

Prof. dr hab. Andrzej Buko
Zakład Archeologii Średniowiecza
Instytut Archeologii i Etnologii PAN
al. Solidarności 105
00-140 Warszawa
buko@iaepan.edu.pl

Mgr Tomasz Dzieńkowski
ul. Kolejowa 64c/24
22-100 Chełm
dzienkowskitomek@poczta.onet.pl

Dr Jarosław Kusiak
Zakład Geografii Fizycznej i Paleogeografii
Instytut Nauk o Ziemi UMCS Lublin
al. Kraśnicka 2C, D
20-718 Lublin
kusiak@poczta.umcs.lublin.pl

