ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1993

Seria: MATEMATYKA-FIZYKA z.70 GEOCHRONOMETRIA Nr 9 Nr kol. 1224

**Andrzej BLUSZCZ**

**Mieczysław F. PAZDUR**

Laboratorium C-14
Politechnika Śląska, Gliwice

# DATOWANIE METODĄ TERMOLUMINESCENCJI ZABYTKOWEJ CERAMIKI Z GRODZISKA W HAĆKACH NA PODLASIU

**Streszczenie.** W trakcie badań wykopaliskowych prowadzonych na grodzisku w Haćkach na Podlasiu pobrano siedemnaście próbek zabytkowej ceramiki z przeznaczeniem do datowania metodą termoluminescencji. Artykuł niniejszy zawiera pełny opis przeprowadzonych badań wraz z dokumentacją wyników oraz dyskusją uzyskanych dat TL. Wykonane zostały oznaczenia wieku szesnastu próbek, przy czym większość badanych próbek ceramiki wykazywała występowanie podwójnego plateau termoluminescencji, co świadczyć może o dwukrotnym działaniu podwyższonej temperatury. Uzyskane daty TL są w znakomitej zgodności z kalibrowanymi datami radiowęglowymi z tego stanowiska i potwierdzają hipotezę o występowaniu sześciu wyraźnie wyróżniających się faz osadniczych.

# TL DATING OF POTTERY FROM FORTIFIED SETTLEMENT IN HAĆKI (PODLASIE, N POLAND)

**Summary.** During excavations of the fortified settlement in Haćki a set of 17 samples of ancient pottery has been collected for TL dating. The present paper gives complete description of the laboratory procedures used and the results obtained in the course of this research. Sixteen samples have yielded TL dates. Nine samples yielded duplicate TL dates, corresponding to double plateau of thermoluminescence. The obtained TL dates are in very good agreement with calibrated radiocarbon dates from this site and confirm the hypothesis about presence of six phases of habitation distinguished on the basis of radiocarbon dating.

# ДАТИРОВАНИЕ ТЕРМОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫМ МЕТОДОМ КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ АРХЕОЛОГИЧЕСКОЙ СТОЯНКИ ХАЦКИ СЕВЕРНА ПОЛЬША

Резюме. Во время раскопок на археологической стоянке в местности Хацки отобрано 17 образцов керамики для проведения датирования термолюминесцентным методом. В работе представлено детальное описание методики исследований и полученных результатов. Результаты датирования термолюминесцентным методом показывают высокую степень сходимости с результатами полученными радиоуглеродным методом. На основе результатов радиоуглеродного и термолюминесцентного датирования построена хронологическая схема и выделены фазы поселения.

WSTĘP

W roku 1989, po przeanalizowaniu kontrowersji chronologicznych, jakie powstały w wyniku uzyskanych datowań radiowęglowych z grodziska w Hackach, postanowiono podjąć próbę zastosowania metody termoluminescencji (TL) do bezpośredniego datowania fragmentów ceramiki zabytkowej, występującej w dużych ilościach o obrębie eksplorowanych warstw osadniczych. Daty otrzymywane metodą termoluminescencji są, jak wiadomo, obarczone znacznie większymi błędami (wynoszącymi zwykle 10-20% mierzonego wieku, por. Bluszcz, 1989) niż daty radiowęglowe. Stąd też, dla skutecznego wykorzystania datowania metodą termoluminescencyjną w badaniach stanowisk wczesnośredniowiecznych, gdzie konieczne jest uzyskanie wysokiej rozdzielczości chronologicznej, stosuje się podejście określane mianem "datowania kontekstu kulturowego", polegające na wybraniu do datowania termoluminescencyjnego zbioru od kilku do kilkunastu fragmentów zabytkowych naczyń glinianych ze ściśle określonej warstwy kulturowej.

Do badań laboratoryjnych użyto 17 fragmentów ceramiki zabytkowej, pobranych bezpośrednio z wykopu archeologicznego podczas prac wykopaliskowych w lipcu 1989 roku. Próbki pobierane były z eksplorowanych warstw kulturowych D i E (por. Kobyliński, 1989; Pazdur et al, 1991) przez A. Bluszcza według wskazań kierującego pracami wykopaliskowymi. Równocześnie z pobieraniem próbek do datowania wykonywane były przenośną sondą scyntylacyjną promieniowania gamma pomiary radioaktywności gruntu, w którym tkwiły próbki.

Każdy pobrany fragment ceramiki poddawany był identyfikacji typologicznej dla określenia jego przynależności kulturowej, a tym samym dla uzyskania wstępnej informacji o jego wieku. Z pobranych siedemnastu próbek cztery zostały zidentyfikowane z kulturą pomorską (zwaną inaczej wejherowsko-krotoszyńską), datowaną na fazę lateńską, która w ogólnie przyjętym schemacieperiodyzacji kultur archeologicznych na terenie Polski obejmuje przedział czasu między 300 a 100 BC (PZP, 1979, s. 29), jednej nie zidentyfikowano, zaś trzynaście uznano za typowe fragmenty naczyń wczesnośredniowiecznych, datowanych na VI-VII wiek n.e.

## METODYKA PRAC LABORATORYJNYCH

### Przygotowanie probek

Pobrane fragmenty ceramiki zabytkowej, po ich identyfikacji typologicznej, zostały natychmiast umieszczone w szczelnych opakowaniach, chroniących przed utratą naturalnej wilgotności i wpływem światła słonecznego. Bezpośrednio po dostarczeniu ceramiki do laboratorium (w czasie krótszym niż 24 godzin) została zmierzona ich wilgotność. Pomiary polegały na ważeniu fragmentów ceramiki w stanie naturalnej wilgotności oraz po okresie suszenia w temperaturze 95°C. Ważenie powtarzano następnie w odstępach dobowych i gdy w kolejnych pomiarach nie stwierdzano dalszego ubytku masy, próbkę uznawano za wysuszoną. Wyższych temperatur nie stosowano, by nie wymazać naturalnej termoluminescencji próbek. Wilgotność względną próbek wyliczano według wzoru

$$h = (M_w - M_s)/M_s,$$

gdzie $M_w$ i $M_s$ są odpowiednio masami wilgotnego i suchego fragmentu ceramiki. Wartości wilgotności wyrażone w procentach przedstawione są w tabeli 1a. Wraz z fragmentami ceramiki pobrano również porcje osadu, w którym one zalegały, w celu zmierzenia ich radioaktywności i wyznaczenia mocy dawki promieniowania gamma od otoczenia.

Ceramikę poddano następnie preparatyce w celu wydzielenia z niej ziaren kwarcu o granulacji około 100 μm. Z każdego fragmentu usunięto zewnętrzną warstwę około 2 mm. Ziarna mineralne zawarte w tej warstwie znajdowały się w mieszanym polu promieniowania beta wnętrza ceramiki i gruntu stanowiącego otoczenie próbki. Ze względu na dodatkowe niepewności związane z wyznaczeniem mocy dawki w takich warunkach ziaren tych nie powinno się brać pod uwagę w pomiarach termoluminescencji. Pozostałą część kruszono ręcznie w moździerzu i poddano działaniu 4% HCl. Następnie odsiano na sitach frakcje ziaren o rozmiarach 0.09-0.15 mm i trawiono je 40% kwasem HF, usuwając zewnętrzne warstwy ziaren kwarcowych oraz rozpuszczając ziarna pozostałych minerałów.

Tabela 1a

Wyniki pomiarów wykonanych w toku datowania fragmentów ceramiki metodą TL (plateau wysokotemperaturowe - pierwotne)

| Nr próbki | h [%] | $d_{wew}$ [Gy/ka] | ED [Gy] | $I_0$ [Gy] | AD [Gy] |
|---|---|---|---|---|---|
| 1/89 | 1.7 | 2.97±0.16 | 6.2±0.8 | 0.0±0.1 | 6.2±0.8 |
| 2/89 | 3.0 | 2.74±0.14 | 20.2±2.6 | 0.1±0.5 | 20.2±2.6 |
| 3/89 | 2.0 | 2.91±0.15 | 15.1±10.3 | 0.3±0.5 | 15.4±10.5 |
| 4/89 | 2.8 | 3.64±0.19 | 15.6±4.2 | 0.0±0.1 | 15.6±4.2 |
| 5/89 | 1.7 | 3.79±0.20 | 7.8±0.9 | 0.2±0.2 | 7.9±0.9 |
| 6/89 | 1.9 | 3.14±0.17 | 6.7±0.8 | 0.0±0.1 | 6.7±0.8 |
| 7/89 | 1.5 | 4.04±0.22 | 7.7±0.5 | 0.0±0.1 | 7.7±0.5 |
| 8/89 | 2.4 | 3.37±0.18 | 10.5±0.4 | 0.0±0.2 | 10.5±0.4 |
| 9/89 | 0.8 | 4.12±0.21 | - | - | - |
| 10/89 | 2.2 | 4.16±0.23 | 18.3±3.0 | 0.6±0.6 | 18.9±3.0 |
| 11/89 | 0.5 | 4.07±0.21 | 21.9±3.0 | 0.0±0.3 | 21.9±3.0 |
| 12/89 | 1.7 | 3.64±0.19 | 6.5±0.2 | 0.1±0.2 | 6.6±0.3 |
| 13/89 | 3.1 | 2.63±0.14 | 10.9±7.4 | 0.4±1.0 | 11.4±7.6 |
| 14/89 | 2.0 | 2.54±0.14 | 6.8±0.5 | 0.1±0.2 | 6.9±0.6 |
| 15/89 | 2.1 | 3.00±0.16 | 9.8±2.0 | -0.4±0.1 | 9.4±2.0 |
| 16/89 | 1.6 | 2.99±0.15 | 7.1±1.1 | -0.3±0.1 | 6.8±1.2 |
| 17/89 | 2.7 | 3.01±0.16 | 7.2±1.3 | 1.1±0.1 | 8.2±1.3 |

W zależności od wielkości fragmentu ceramiki i składu granulometrycznego ziaren do dalszych badań wydzielano frakcje 0.09-0.10, 0.10-0.15 lub 0.09-0.15 mm.

Po wydzieleniu i wytrawieniu ziarna były dokładnie przemywane 8% roztworem $HNO_3$ w celu usunięcia powstałych związków fluoru, a następnie płukane w wodzie destylowanej i suszone w temperaturze nie przekraczającej 40°C. Dla tak wypreparowanych ziaren kwarcowych wyznaczano następnie dawkę promieniowania pochłoniętą w okresie od wypalenia ceramiki.

Tabela 1b

Wyniki pomiarów wykonanych w toku datowania fragmentów ceramiki metodą termoluminescencyjną (plateau niskotemperaturowe - wtórne)

| Nr próbki | ED [Gy] | $I_o$ [Gy] | AD [Gy] |
|---|---|---|---|
| 1/89 | - | - | - |
| 2/89 | - | - | - |
| 3/89 | - | - | - |
| 4/89 | 11.0±3.8 | 0.0±0.0 | 11.0±3.8 |
| 5/89 | - | - | - |
| 6/89 | 4.7±0.5 | -0.2±0.0 | 4.6±0.5 |
| 7/89 | 3.6±0.2 | 0.1±0.1 | 3.7±0.2 |
| 8/89 | 7.1±1.1 | 0.0±0.1 | 7.1±1.1 |
| 9/89 | - | - | - |
| 10/89 | 9.0±0.2 | 0.6±0.2 | 9.7±0.3 |
| 11/89 | 4.8±1.1 | 0.0±0.3 | 4.8±1.2 |
| 12/89 | - | - | - |
| 13/89 | 6.8±2.6 | 0.1±0.1 | 6.9±2.7 |
| 14/89 | - | - | - |
| 15/89 | - | - | - |
| 16/89 | 4.1±0.1 | -0.3±0.1 | 3.8±0.1 |
| 17/89 | 2.4±1.1 | 1.1±0.1 | 3.5±1.2 |

Objaśnienia: numery nadano próbkom arbitralnie w laboratorium; h - wilgotność względna ceramiki; $d_{wew}$ - moc dawki wewnętrznej (głównie beta) w mGy/rok; ED - dawka równoważna w Gy wyznaczona z pomiarów TL; $I_o$ - poprawka uwzględniająca nieliniowy wzrost TL, wyznaczona z dodatkowych pomiarów TL; AD - dawka pochłonięta promieniowania (AD = ED + $I_o$). Dawka zewnętrzna promieniowania gamma (wyznaczona na podstawie pomiarów *in situ*) i promieniowania kosmicznego wynosiły łącznie $d_{zew}$ = 1.30±0.26 mGy/rok.

**Technika pomiarów termoluminescencji**

Dawkę promieniowania pochłoniętą przez ziarna kwarcu wyznaczono techniką addytywną, wprowadzając poprawkę uwzględniającą nieliniowy wzrost termoluminescencji kwarcu. Wydzielone ziarna podzielono na pięć porcji, z których cztery były napromieniowywane dodatkowymi dawkami promieniowania beta, wynoszącymi 3.8, 7.5, 12.8 i 18.8 Gy. Porcja nie napromieniowana dawką

beta służyła do pomiarów naturalnej termoluminescencji (NTL). Z wszystkich porcji odważano 5 mg naważki (w praktyce uzyskiwano w ten sposób od 4 do 8 porcji ziaren; różnice wynikały z ilości materiału badawczego uzyskanego z poszczególnych próbek) i dla każdej z nich wykonywano pomiar termoluminescencji. Odważone ilości ziaren umieszczano w aparaturze pomiarowej i grzano ze stałą szybkością 10°/s od temperatury pokojowej do temperatury końcowej wynoszącej 420°C. Towarzyszącą podgrzewaniu termoluminescencję rejestrowano i zapisywano w postaci cyfrowej, przydatnej do dalszych obliczeń.

Na podstawie uzyskanych wyników dla każdej próbki skonstruowano wykres wzrostu TL w funkcji pochłoniętej dawki beta. Następnie do wyników dopasowano linię regresji metodą najmniejszych kwadratów. Ekstrapolacja tej linii do zerowej wartości TL pozwala wyznaczyć dawkę równoważną ED promieniowania, pochłoniętą od momentu wypalenia ceramiki. Ponieważ najczęściej wzrost TL nie jest liniowy w zakresie do pierwszych 1-3 Gy dawki, po wyznaczeniu ED te same ziarna (już z usuniętą TL przez wysoką temperaturę pomiaru) ponownie napromieniowano czterema dawkami laboratoryjnymi beta (od 2 do 10 Gy) i wyznaczono ponownie linię wzrostu oraz wartość odpowiadającą zerowej TL. Wartość tę, oznaczoną Io, dodaje się do ED otrzymując ostatecznie dawkę pochłoniętą przez ziarna AD.

Wartości ED dla każdej próbki obliczano oddzielnie w 18 równych przedziałach temperatury pokrywających zakres od 220 do 400°C. Wyniki tych cząstkowych obliczeń były wykorzystywane do skonstruowania testu plateau. Jeżeli fragment ceramiki był wypalony w przeszłości w wysokiej temperaturze, powyżej 500°C, to wartości ED wykreślone w funkcji temperatury świecenia układają się płasko w pobliżu pewnej wartości, tworząc tzw. plateau . Długość plateau może być wskazówką co do wartości temperatury, w której ostatnio wypalano ceramikę. Brak plateau może świadczyć o wielokrotnym wypalaniu w różnych okresach i w różnych temperaturach lub o braku przydatności ziaren kwarcu dla termoluminescencyjnej metody datowania.

Dla próbek ceramiki zebranych w Haćkach obserwowano w większości przypadków wyraźnie zaznaczone podwójne plateau. Zostało to interpretowane jako świadectwo powtórnego, zapewne przypadkowego, wypalenia fragmentu, na przykład w czasie pożaru. Żeby pozostawić wyraźny ślad na plateau, temperatura drugiego wypalenia musiała być niższa od temperatury wypalenia pierwotnego, ale równocześnie na tyle wysoka, by wymazać niskotemperaturową termoluminescencję zgromadzoną wcześniej. W tabeli 2 podano wartości wieku ustalone dla pierwszego i drugiego wypalenia.

Na podstawie przeprowadzonych badań zabytkowej ceramiki ze stanowiska w Haćkach możliwe jest wyróżnienie trzech grup próbek, różniących się w istotny sposób swymi własnościami termoluminescencyjnymi. Dokumentację własności tych trzech grup przedstawiono na rysunkach 1 - 9. Do grupy pierwszej, liczącej sześć próbek (por. tabele 1 i 2), zaliczono fragmenty ceramiki wykazujące jedynie typowe pojedyncze plateau wysokotemperaturowe. Wykresy krzywych jarzenia TL, plateau oraz linii wzrostu TL przedstawiają odpowiednio rysunki 1- 3. Grupa druga, zawierająca dziewięć próbek, wykazuje istnienie podwójnego plateau. Przykładowe wykresy, analogiczne jak dla grupy pierwszej, przedstawione są na rysunkach 4 - 6, z tym że na rysunku 6 pokazano dwie linie wzrostu TL, odpowiadające plateau nisko- i wysokotemperaturowemu. Jako oddzielną grupę potraktowano próbkę nr 14/89, wykazującą jedynie plateau niskotemperaturowe. Odpowiednie wykresy pokazujące jej własności termoluminescencyjne są przedstawione na rysunkach 7 - 9. Warto dodać, że wiek TL wyliczony na podstawie linii wzrostu wyznaczonej przez widoczne na rysunku 8 maksimum, które mogłoby być - z pewnym uproszczeniem - traktowane jako szczątkowe plateau wysokotemperaturowe, odpowiada w przybliżeniu glinie zwałowej ostatniego zlodowacenia (vistulianu).

**Wyznaczanie dawki rocznej promieniowania**

Do wyznaczenia czasu, jaki upłynął od wypalenia ceramiki, potrzebna jest jeszcze znajomość mocy dawki promieniowania pochłanianego przez ziarna.

Tabela 2

Zestawienie dat TL fragmentów ceramiki zabytkowej ze stanowiska w Hałckach

| Nr próbki | Nr GdTL- | wiek TL (pwt) | faza | wiek TL (pnt) | faza | typ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2/89 | 274 | 3030 ± 750 BC | I? | - | | B |
| 3/89 | 275 | 1660 ± 2500 BC | ? | - | | A |
| 10/89 | 281 | 1470 ± 610 BC | ? | 220 ± 140 AD | IV | B |
| 4/89 | 276 | 1170 ± 1030 BC | II? | 240 ± 950 BC | III? | A |
| 11/89 | 282 | 1090 ± 470 BC | II | 1130 ± 220 AD | VII | B |
| 13/89 | 284 | 910 ± 2000 BC | II? | 240 ± 700 AD | IV? | B |
| 8/89 | 280 | 250 ± 190 BC | III | 470 ± 270 AD | V/VI | B |
| 15/89 | 286 | 210 ± 500 BC | III? | - | | A |
| 17/89 | 288 | 80 ± 330 AD | IV | 1180 ± 290 AD | VII | ? |
| 14/89 | 285 | 180 ± 210 AD | IV | - | | A |
| 16/89 | 287 | 410 ± 300 AD | V/VI | 1110 ± 70 AD | VII | B |
| 5/89 | 277 | 440 ± 210 AD | V/VI | - | | B |
| 6/89 | 278 | 480 ± 210 AD | V/VI | 950 ± 140 AD | VII | B |
| 1/89 | 273 | 550 ± 220 AD | V/VI | - | | B |
| 7/89 | 279 | 550 ± 140 AD | V/VI | 1300 ± 100 AD | VIII? | B |
| 12/89 | 283 | 660 ± 100 AD | V/VI | - | | B |

(pwt) - obliczenia wg plateau wysokotemperaturowego,
(nwt) - obliczenia wg plateau niskotemperaturowego

Zwykle podaje się ją jako wartość dawki rocznej, tj. dawki jaką pochłaniają ziarna w ciągu jednego roku. Iloraz dawki pochłoniętej AD i dawki rocznej $D_r$ jest równy wiekowi ceramiki w latach.

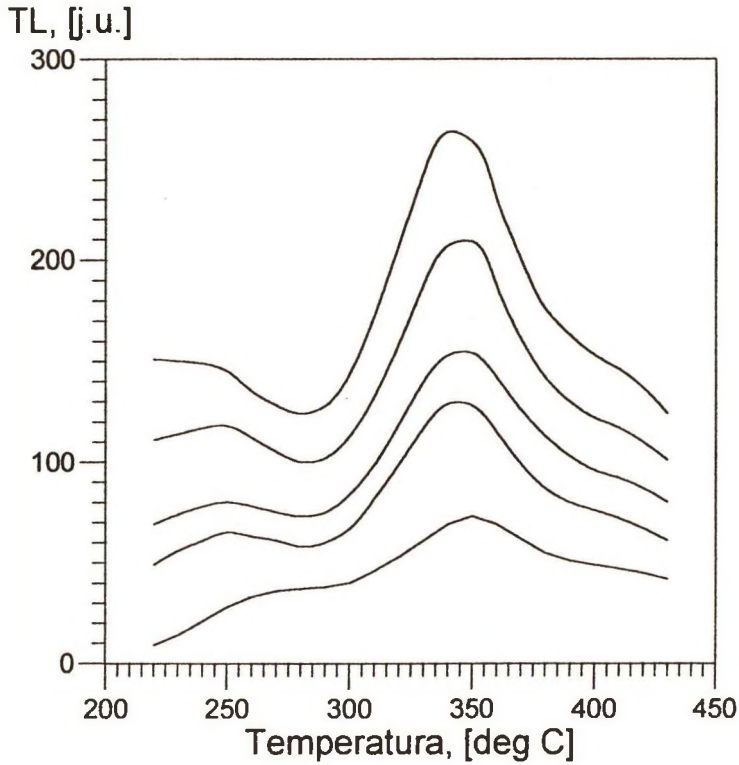
Dawkę roczną badanych próbek ceramiki określano na podstawie pomiarów radioaktywności samych próbek oraz warstwy osadu, z którego pochodziły. W przypadku osadu wyznaczono koncentracje uranu, toru i potasu metodą spektrometrii promieniowania $\gamma$. Ze względu na małe masy próbek ceramiki koncentracje uranu i toru w datowanych próbkach wyznaczano metodą zliczania cząstek alfa, a koncentrację potasu metodą atomowej spektrometrii absorpcyjnej. Wartości koncentracji przeliczono następnie na moce dawek promieniowania alfa, beta i gamma. Przy obliczaniu dawki rocznej

pochłanianej przez ziarna wzięto ponadto pod uwagę wilgotność ceramiki i osadu, rozmiar ziaren i ich otrawienie kwasem fluorowodorowym oraz udział promieniowania kosmicznego. Wartości dawek rocznych ustalonych dla próbek ceramiki zamieszczono w tabeli 1a.

**WYNIKI**

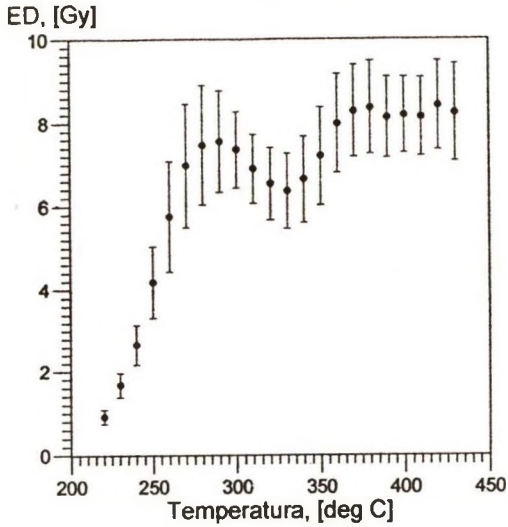
Uzyskane wyniki oznaczeń wieku termoluminescencyjnego wszystkich badanych próbek, zarówno wyliczone z plateau wysokotemperaturowego, jak też z plateau niskotemperaturowego, są zamieszczone w tabeli 2 w skali AD/BC. Wyniki uporządkowane zostały według malejących wartości ich wieku pierwotnego (wysokotemperaturowego). Z przyczyn czysto zewnętrznych, niezależnych od jakości stosowanej aparatury pomiarowej i dokładności wykonania całego ciągu czynności składających się na proces oznaczenia wieku, kilka dat obarczonych jest tak dużymi błędami, że trudno mówić o jakimkolwiek sensownym przyporządkowaniu chronologicznych odpowiednich próbek. Dotyczy to próbek o numerach 3 i 13, 4, a także 2 i 10 oraz dwóch dat wyznaczonych z plateau niskotemperaturowego próbek 4 i 13.

W ostatniej kolumnie tabeli 2 literą A oznaczono próbki typologicznie zaszeregowane do kultury pomorskiej, literą B oznaczono fragmenty ceramiki wszesnośredniowiecznej. Zauważyć należy, że identyfikacja typologiczna stosunkowo dobrze zgadza się z wynikami datowań termoluminescencyjnych. W szczególności, z ośmiu próbek, których wiek wyznaczony metodą termoluminescencji okazał się młodszy od 2000 BP, sześć zidentyfikowano jako wczesnośredniowieczne, jedną jako przynależną do kultury pomorskiej, jednej nie zidentyfikowano. W grupie próbek o najstarszych datach TL rozbieżności między identyfikacją typologiczną a datowaniami TL występują częściej; dotyczy to przede wszystkim próbek oznaczonych numerami 2, 10, 11, 13 i 8. Należy jednak zwrócić uwagę, że w przypadku tych próbek bardzo duże wartości błędów pomiarowych utrudniają właściwą ocenę relacji pomiędzy datowaniem typologicznym a termoluminescencyjnym.

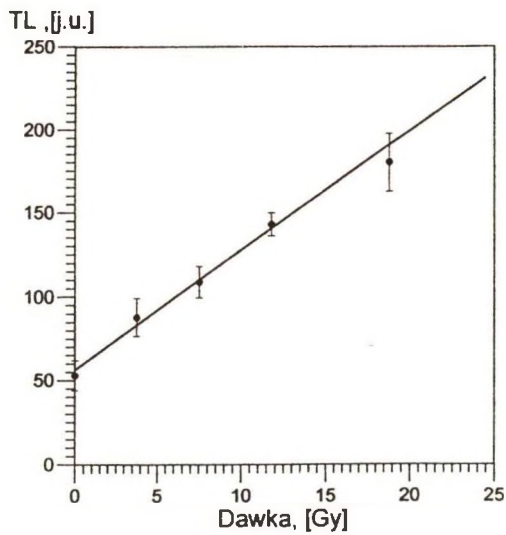



Rys. 1. Rodzina krzywych jarzenia termoluminescencyjnego (próbka nr 5/89, GdTL-277, wiek TL 440 ± 210 AD) reprezentatywna dla zbioru próbek zabytkowej ceramiki wykazujących wyłącznie plateau wysokotemperaturowe. NTL - krzywa naturalnej termoluminescencji; obok pozostałych krzywych podano wartości addytywnych dawek promieniowania beta (w Gy)

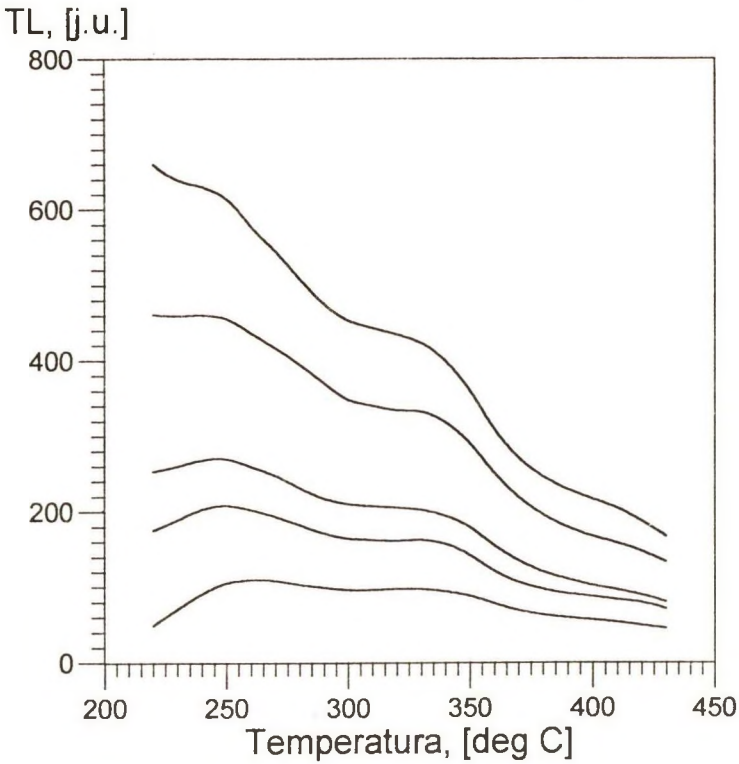
Fig. 1. Family of TL glow curves (sample No. 5/89, GdTL-277, age TL 440 ± 210 AD) regarded representative for set of samples exhibiting only high-temperature plateau. NTL - natural TL glow curve, the numbers give values of additive beta doses (in Gy)




Rys. 2. Wykres plateau dla próbki nr 5/89
Fig. 2. Plateau plot for sample No. 5/89

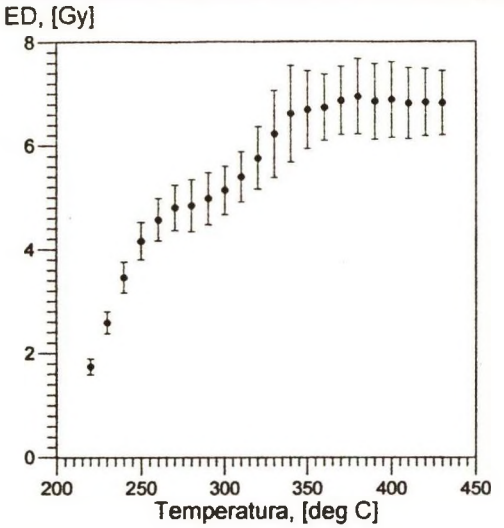



Rys. 3. Wykres pierwszej linii wzrostu TL dla próbki nr 5/89
Fig. 3. Plot of first growth line for sample No. 5/89

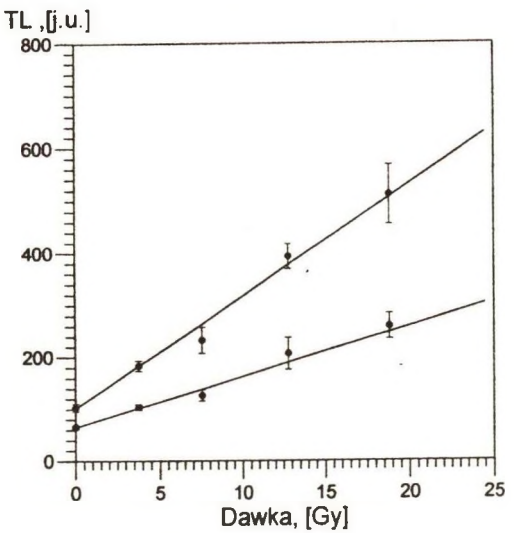



Rys. 4. Rodzina krzywych jarzenia termoluminescencyjnego (próbka nr 6/89, GdTL-278, wiek TL z plateau wysokotemperaturowego 480 ± 210 AD, z plateau niskotemperaturowego 950 ± 140 AD) reprezentatywna dla zbioru próbek zabytkowej ceramiki wykazujących plateau nisko- i wysokotemperaturowe. Oznaczenia jak na rys. 1

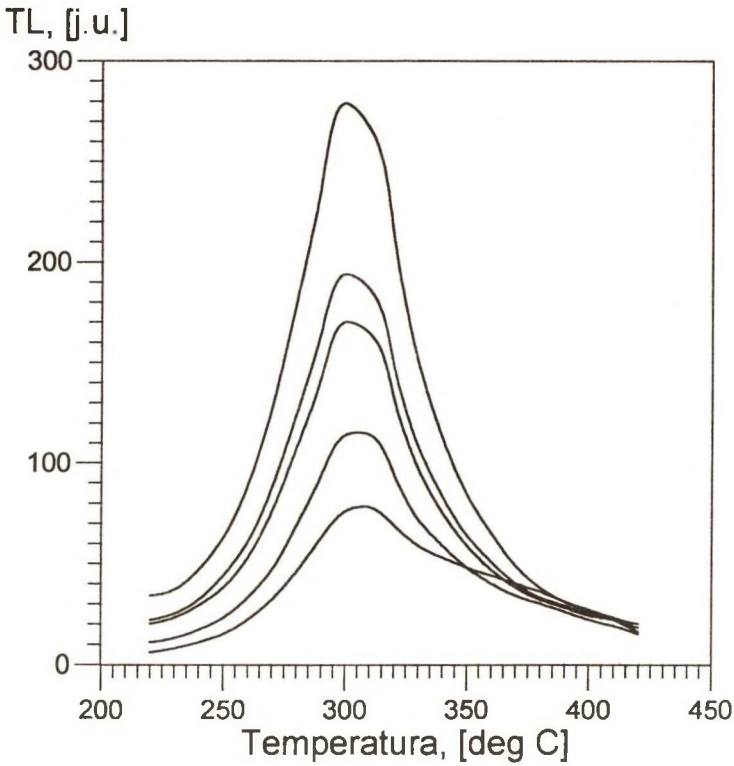
Fig. 4. Family of TL glow curves (sample No. 6/89, GdTL-278, age TL determined from high-temperature plateau 480 ± 210 AD, and from low-temperature plateau 950 ± 140 AD) regarded representative for set of samples exhibiting both low- and high-temperature plateau. Designations same as in fig. 1




Rys. 5. Wykres plateau dla próbki nr 6/89. Widoczne są oba obszary plateau.
Fig. 5. Plateau plot for sample No. 6/89. Both low- and high-tempareture plateau regions are visible

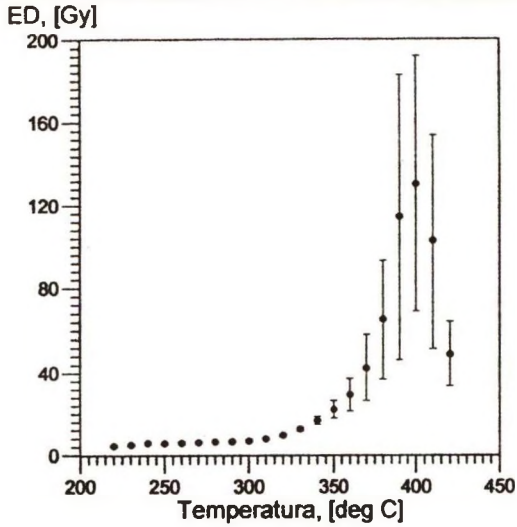



Rys. 6. Wykresy pierwszej linii wzrostu TL (górna - plateau niskotemperaturowe, dolna - plateau wysokotemperaturowe) otrzymanych dla próbki nr 6/89
Fig. 6. Plots of first growth lines (upper - low temperature plateau, lower line - high temperature plateau) obtained for sample No. 6/89

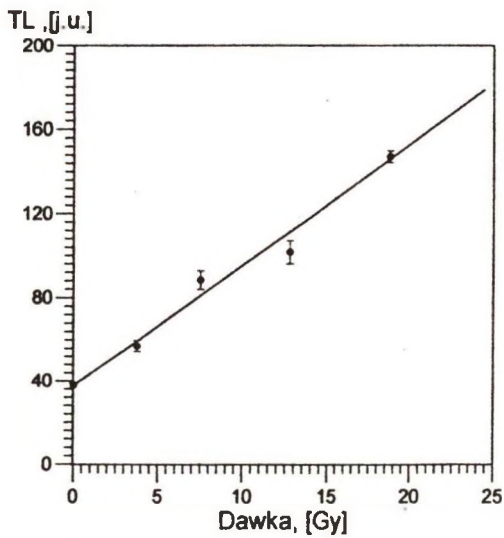



Rys. 7. Rodzina krzywych jarzenia termoluminescencyjnego uzyskana przy datowaniu próbki nr 14/89, GdTL-285, wiek TL 180 ± 210 AD, wykazującej wyłącznie plateau niskotemperaturowe. Oznaczenia jak na rys. 1

Fig. 7. Family of TL glow curves obtained for sample No. 14/89, GdTL-285, age TL 180 ± 210 AD, which exhibited only low-temperature plateau. Designations same as in fig. 1




Rys. 8. Wykres plateau dla próbki nr 14/89
Fig. 8. Plateau plot for sample No. 14/89




Rys. 9. wykres pierwszej linii wzrostu TL dla próbki nr 14/89
Fig. 9. Plot of first growth line for sample No. 14/89

**KORELACJA CHRONOLOGII RADIOWĘGLOWEJ I TERMOLUMINESCENCYJNEJ**

Na podstawie analizy zbioru dat radiowęglowych, uzyskanych w latach 1987-1990 na próbkach węgli drzewnych, zwęglonych belek tworzących pozostałości umocnień grodziska oraz zwęglonych ziaren prosa sformułowana została hipoteza (Pazdur et al, 1993) o sześciu fazach osadniczych na stanowisku w Hacikach. Hipoteza ta ma za punkt wyjścia fakt bezspornego grupowania się dat radiowęglowych. Daty uzyskane z pomiarów termoluminescencji badanych próbek ceramiki zabytkowej, zamieszczone w tabeli 2, wykazują podobne grupowanie, aczkolwiek znacznie mniej wyraźne, co jest zrozumiałe, jeżeli weźmie się pod uwagę duże wartości błędów niektórych dat. W szczególności wyraźnie wyróżnia się w tabeli 2 grupa sześciu dat zawartych w przedziale od 410 do 660 AD (próbki 16, 5, 6, 1, 7, 12), a w zbiorze dat wyliczonych z plateau niskotemperaturowego odpowiednio grupa czterech dat zbliżonych do 1000-1100 AD (próbki 11, 17, 16, 6). Opierając się na tych podobieństwach, wprowadzono w tabeli 2 przyporządkowanie poszczególnych dat TL odpowiednim fazom osadniczym, oznaczanym cyframi rzymskimi. W przypadku dwóch dat TL (próbka 3/89 oraz data "wysokotemperaturowa" próbki 10/89) nie można było dokonać żadnego sensownego przyporządkowania. W siedmiu innych przypadkach (dat o błędach większych od 500 lat), oznaczonych pytajnikiem (?), przyporządkowanie jest wątpliwe i mogłoby być kwestionowane lub zmienione na podstawie innych danych. Decyzja o zaliczeniu dat TL o tak dużych błędach do odpowiednich grup chronologicznych wynika z dwóch przesłanek: po pierwsze - z przyjęcia, że wyniki pomiarów fizycznych powinny być - w sensie probabilistycznym - opisywane funkcją błędów zbliżoną do rozkładu normalnego, w którym, nawet przy skrajnie dużym błędzie pomiarowym i rozmyciu maksimum funkcji prawdopodobieństwa, wyznaczona z pomiarów wartość średnia powinna być uważana za najbardziej prawdopodobną. Po drugie, przy wyliczeniu średniej ważonej wieku TL grupy kilku dat o różniących się błędach wkład dat o skrajnie dużych wartościach błędów jest znikomo mały.

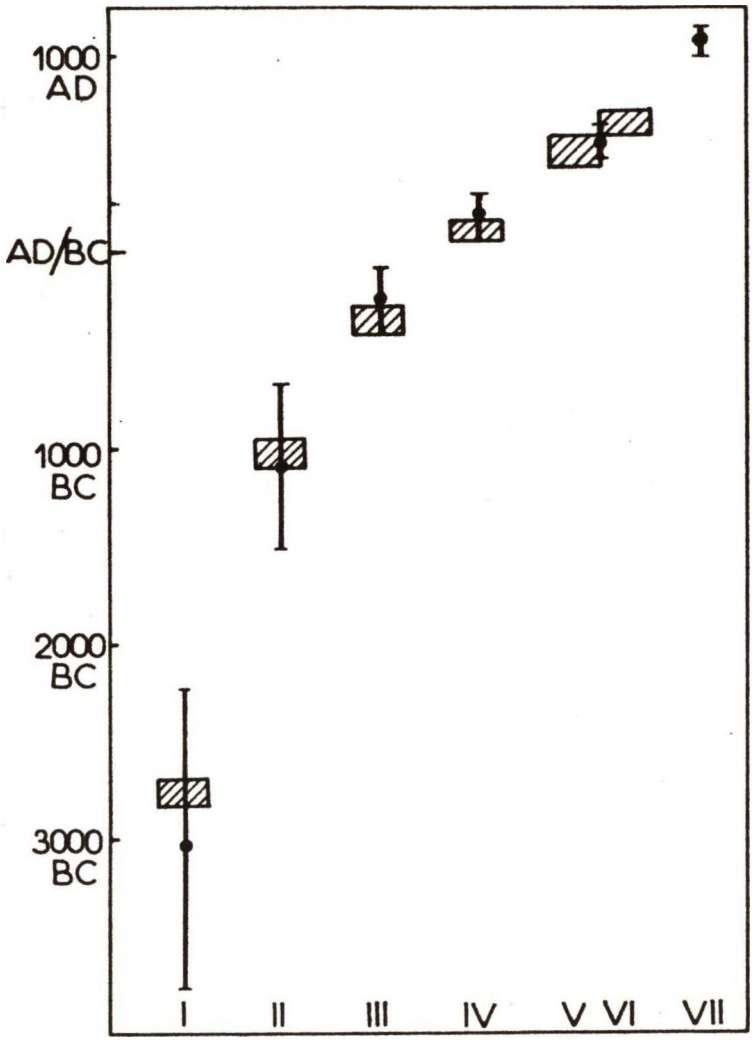
Średnie ważone wartości wieku termoluminescencyjnego poszczególnych grup zestawione są w tabeli 3 wraz z odpowiednimi przedziałami trwania poszczególnych faz osadniczych, wyznaczonymi przez interkwartyle rozkładów prawdopodobieństwa wieku kalendarzowego. Dwie fazy osadnicze, oznaczone jako V i VI, a wyróżnione na podstawie wewnętrznie spójnych zbiorów dat radiowęglowych próbek pochodzących z warstw kulturowych D i E (por. Kobyliński, 1989; Pazdur et al, 1991) potraktowano łącznie ze względu na brak podstaw do rozróżnienia poszczególnych datowanych próbek, jak też zbyt duże wartości błędów dat termoluminescencyjnych, uniemożliwiające rozróżnienie dat na podstawie kryteriów czysto statystycznych. Ze względu na występowania grupy dat "niskotemperaturowego plateau", skupionych wokół 1100 AD, wprowadzono najmłodszą fazę osadniczą VII.

Tabela 3

Porównanie chronologii faz osadniczych w obrębie stanowiska w Haćkach na Podlasiu wyróżnionych na podstawie datowań metodą C-14 szczątków organicznych i metodą termoluminescencji ceramiki zabytkowej (N - liczba dat)

| Faza | Chronometria radiowęglowa | | Chronometria termoluminescencyjna | |
|---|---|---|---|---|
| | N | przedział wieku | N | przedział wieku |
| I | 1 | 2820 - 2700 BC | 1 | 3030 ± 750 BC |
| II | 2 | 1090 - 960 BC | 3 | 1100 ± 420 BC |
| III | 8 | 420 - 280 BC | 3 | 250 ± 180 BC |
| IV | 4 | 60 - 170 AD | 4 | 200 ± 110 AD |
| V/VI | 9 | 440 - 700 AD | 7 | 570 ± 60 AD |
| VII | - | - | 4 | 1080 ± 60 AD |

Porównawcze zestawienie przedziałów określających czas trwania poszczególnych faz osadniczych, otrzymanych metodami radiowęgla i termoluminescencji, przedstawione jest w formie graficznej na rysunku 10. Widoczna jest doskonała zgodność wyników otrzymanych oboma metodami. Przedziały błędu dat TL, odpowiadających dwom najstarszym fazom, są znacznie większe niż odpowiednie długości trwania tych faz, wyznaczone na podstawie datowania radiowęglowego. Przy określaniu granic czasowych faz młodszych, od




Rys. 10. Porównanie średnich ważonych wieku TL poszczególnych faz osadniczych (czarne kropki - wartości średnie ważone, odcinki pionowe - przedziały błędu) z przedziałami interkwartyli kalibrowanego wieku radiowęglowego (pola zakreskowane)

Fig. 10. Comparison of results of radiocarbon and TL datings. Bold dots - weighted mean values of TL age, vertical lines - one-sigma errors of TL dates, dashed areas - interquartile ranges of calibrated radiocarbon dates

III do VI, dokładności wynikające z zastosowania obu metod datowania są zbliżone, co uzasadnia podjęcie bardziej wnikliwej analizy porównawczej.

W szczególności ważnym i znaczącym efektem, który można zauważyć na rysunku 10, jest niewielkie systematyczne przesunięcie przedziałów czasowych określających granice faz osadniczych III i IV metodą radiowęglową w stosunku do granic wyznaczonych metodą termoluminescencyjną. W obu przypadkach granice przedziałów interkwartyli kalibrowanych dat radiowęglowych pokrywają się z dolnym (starszym) przedziałem błędu wieku termoluminescencyjnego. Można podsumować te fakty stwierdzeniem, że daty radiowęglowe faz III i IV są nieco starsze niż odpowiednie daty wynikające z zastosowania metody TL. Konkluzja taka jest w pełni zgodna ze wskazaniami wynikającymi z przesłanek teoretycznych, zawartych u podstaw obu metod datowania. W metodzie radiowęglowej datowaniu podlega moment obumarcia substancji organicznej, a więc - przy datowaniu pni drzew - moment utworzenia odpowiednich słoi rocznych przyrostów (ściślej mówiąc - data radiowęglowa oznacza średnią dat powstania sekwencji słoi rocznych przyrostów, objętej datowaną próbką). W przypadku serii siedmiu próbek, wyznaczających przedział czasowy fazy III, aż pięć z nich (o numerach 34, 35, 119, 120, 138) zostało zidentyfikowanych jako fragmenty bądź pozostałości bierwion i bali wchodzących w skład spalonych konstrukcji osady obronnej (por. Pazdur et al, 1992, tabela 1).

W chronologicznym ciągu następujących po sobie epizodów:

A. Wzrost drzew,

B. Ścięcie drzew, ich obróbka i użycie jak budulca,

C. Użytkowanie osady,

D. Spalenie osady,

Daty radiowęglowe odnoszą się do epizodu pierwszego A, który mógł trwać nawet ponad sto lat. Daty TL natomiast odnoszą się do epizodu C lub D. Ponieważ czas trwania epizodu C, to znaczy czas użytkowania osady, może również obejmować kilka dziesiątków lat, przesłanki teoretyczne wskazują, że przy porównaniu dat otrzymanych metodami radiowęgla i termoluminescencji

należy oczekiwać przesunięcia względem siebie średnich wartości wieku wyznaczonego obu metodami, jeżeli oczywiście porównywane wyniki datowań nie są obciążone systematycznymi błędami laboratoryjnymi.

Fakt zaobserwowania takich właśnie, idealnie zgodnych z przewidywaniami teoretycznymi, relacji między wynikami datowania radiowęglowego i termoluminescencyjnego faz osadniczych III i IV na stanowisku w Haćkach może być uznany za potwierdzenie dokładności pomiarów, w szczególności za wyraz braku błędów systematycznych w kalibracji stanowisk pomiarowych. W konsekwencji fakt ten jest ważkim argumentem za poprawnością wyróżnienia tych faz w dziejach rozwoju grodziska oraz określenia ich granic czasowych.

Badania laboratoryjne wykonano w ramach programu badawczego CPBP 08.14 koordynowanego przez Instytut Historii Kultury Materialnej PAN w Warszawie. Opracowanie niniejsze wykonano w ramach badań nad doskonaleniem metodyki datowań izotopowych objętych projektem badawczym PB 740/6/91 finansowanym przez Komitet Badań Naukowych.

**LITERATURA**

Bluszcz A., 1989, Datowanie ceramiki metodą termoluminescencyjną; Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria Matematyka-Fizyka, z. 61, Geochronometria Nr 6, s. 193-201.

Kobyliński Z., 1989, Chronologia osadnictwa w Haćkach na Podlasiu: przesłanki archeologiczne i radiowęglowe; Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria Matematyka-Fizyka, z. 61, Geochronometria Nr 6, s. 165-173.

Pazdur M. F., Awsiuk R., Goslar T., Pazdur A., 1993, Chronologia radiowęglowa stanowiska w Haćkach na Podlasiu; Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria Matematyka-Fizyka, z. 70, Geochronometria Nr 9, s. 27-46.

PZP, 1979, Prahistoria ziem polskich; W. Hensel (red.), t. IV, Od środkowej epoki brązu do środkowego okresu lateńskiego; J. Dąbrowski, Z. Rajewski (red.), Ossolineum, Wrocław.

Wpłynęło do redakcji: 17 kwietnia 1992r.

Recenzent: Prof. dr hab. Kazimierz Bielenin

**Abstract**

During excavations of the fortified settlement in Hacki two sets of ancient pottery have been collected for TL dating. Samples belonging to the first set were identified as representing the Pomeranian culture of Early Iron Age, those of the second set were of Early Medieval origin. Total number of samples collected for dating was 17. The present paper gives complete description of the laboratory procedures used and the results obtained in the course of this research. Sixteen samples have yielded TL dates. Nine samples yielded duplicate TL dates, corresponding to double plateau of thermoluminescence. The obtained TL dates generally agree with age estimates based on typological characteristics of dated pottery fragments. There is a very good agreement between TL dates and calibrated radiocarbon dates from this site. Basing on this agreement the hypothesis about presence of six phases of habitation distinguished on the basis of radiocarbon dating seems to be seriously confirmed.