

## PROPOZYCJA UJEDNOLICENIA SPOSOBU PODAWANIA I CYTOWANIA WYNIKÓW DATOWANIA OSADÓW METODĄ TL

### 1. Wprowadzenie

Wysoki stopień zaawansowania metody TL stosowanej do oznaczenia wieku osadów czwartorzędowych w Polsce, wyrażający się istnieniem czterech laboratoriów wykonujących od kilku lat systematyczne datowania (Warszawa, Lublin, Gliwice, Gdańsk) oraz przekraczającą 1000 liczbą wykonanych dotychczas oznaczeń wymaga podjęcia kroków o charakterze formalnym, zmierzających do ujednoczenia zasad cytowania wyników oznaczeń wieku metodą TL we wszelkich publikacjach naukowych dotyczących paleogeografii i stratygrafii czwartorzędu.

Unifikacja taka jest niezbędna, tym bardziej że metoda TL zastosowana do oznaczania wieku osadów nie może być jeszcze uznana za standardową (jak np. metody  $^{14}\text{C}$  czy K–Ar), i jak wiadomo, uzyskiwane wyniki zależą zarówno od przyjętej metodyki laboratoryjnej, jak również od wielu (nie w pełni zbadanych) czynników pozalaboratoryjnych. Przedstawiona poniżej propozycja wywodzi się z doświadczeń metodologicznych chronometrii radiowęglowej oraz metody TL stosowanej do datowania ceramiki i jest właściwie próbą dostosowania konwencji przyjętej przy cytowaniu wyników datowania ceramiki do potrzeb datowania osadów.

Propozycja ta adresowana jest do autorów wszelkich publikacji dotyczących czwartorzędu (w tym również map geologicznych) oraz recenzentów i redaktorów naukowych. Nie stanowi ona w żadnym przypadku próby ingerencji w metodykę stosowaną w jakimkolwiek z wymienionych

UKD 550.93:552.5:551.79:535.377:550.8.056/057.001.12(083.75/.76)

laboratoriów wykonujących datowania metodą TL (jest to bowiem sprawa wyłącznej odpowiedzialności kierownika danego laboratorium), nie narzuca też żadnych ograniczeń w zakresie wykorzystywania i interpretacji dat TL dostępnych autorowi opracowania.

### 2. Konwencja cytowania wyników datowania metodą TL ceramiki

Od kilku lat w literaturze światowej (interdyscyplinarne czasopismo „MASCA Journal” oraz specjalistyczne „Ancient TL”) przyjęła się sformułowana głównie przez Fleminga (1, 2) jednolita konwencja podawania wyników datowań metodą TL ceramiki zabytkowej i innych materiałów poddanych uprzednio procesowi wypalania. Według tej konwencji wynik datowania metodą TL podaje się w postaci unormowanego ciągu pewnych liczb i symboli, w którym wyróżnić można „zestaw danych podstawowych” oraz „informacje dodatkowe”.

#### 2.1. Zestaw danych podstawowych (wg Fleminga – 1)

Ustalony wzór przedstawiania danych podstawowych ma następującą postać:

wiek ( $\pm p$ ,  $\pm a$ , nr lab)(metoda TL). [1]

#### Objaśnienia

a) Wiek podawany jest w latach przed 1980 r. z oznaczeniem BP (Before Present),

b) w pierwszym nawiasie podawane są dwa błędy w następującej kolejności:

$\pm p$  – odchylenie standardowe średniego wieku szczątków ceramiki z tego samego kontekstu;

$\pm a$  – błąd standardowy oszacowany dla kontekstu, obejmujący wszystkie znane źródła błędów zarówno przypadkowych, jak i systematycznych, oraz numer laboratoryjny, składający się z symbolu identyfikacyjnego laboratorium, w którym wykonano datowanie, wraz z kolejnym numerem wykonanego pomiaru.

c) w drugim nawiasie podany jest skrótowy symbol zastosowanej metody datowania:

incl – (quartz inclusion) – metoda inkluzji kwarcowych,

f-g (fine-grain) – metoda drobnoziarnista,

p-d (pre-dose) – metoda sensybilizacji piku 110°C kwarcu.

#### Przykłady

A. 4755 BP (–,  $\pm 300$ , O  $\times$  TL 169j1)(incl) [2a]

B. 4720 BP ( $\pm 168$ ,  $\pm 270$ , O  $\times$  TL 169j)(incl) [2b]

Przykład A oznacza wynik datowania pojedynczego fragmentu ceramiki, przykład B – wynik datowania kontekstu. Pomiarów wieku wykonane zostały w Laboratorium TL w Oxfordzie metodą inkluzji kwarcowych. Błąd całkowity jednego z pojedynczych pomiarów oszacowano na  $\pm 300$  lat, błąd całkowity dla kontekstu  $\pm 270$  lat, rozrzut dat otrzymanych dla poszczególnych datowanych fragmentów ceramiki z tego kontekstu (odchylenie średniokwadratowe wartości średniej) wynosi  $\pm 168$  lat.

#### 2.2. Informacje dodatkowe

Podany w powyżej przedstawionej formie wynik datowania uzupełniony jest szeregiem dalszych szczegółów metody pomiarowej, zatytułowanych „uwzględnione czynniki”. Ten zestaw dodatkowych informacji obejmuje następujące czynniki:

w(–%) – względna wilgotność nasycenia odniesiona do masy suchej próbki,

f(–,  $\pm$ ) – przyjęty ułamek wilgotności w czasie zagrzebienia skorupy,

l(–%) – poprawka na efekt nadliniowości w %, całkowitej dawki archeologicznej,

r(–%) – poprawka na emanację radonu w %, mocy dawki,

af – wskaźnik, że nie stwierdzono w czasie badań efektu anomalnego zaniku (anomalous fading),

$\alpha$ (–%) } procentowe udziały poszczególnych rodzajów

$\beta$ (–%) } promieniowania w dawce rocznej (do udziału

$\gamma$ (–%) } dolicza się 150  $\mu$ Gy/rok promieniowania kosmicznego),

q(–/krad) – współczynnik wzrostu czułości piku 110°C kwarcu (tylko w metodzie sensybilizacji),

x(–) – zamierzony stosunek czułości  $S_0$  i  $S$  w rutynowych pomiarach metodą sensybilizacji.

#### 2.3. Uwagi krytyczne.

Konwencja dotycząca datowań metodą TL ceramiki jest dotychczas jedynym pełnym i precyzyjnym sformułowaniem wymagań stawianych przy podawaniu i cytowaniu dat TL. Tym niemniej w literaturze przedmiotu znaleźć można przykłady, świadczące o tym, że problem formy podawania wyników datowań TL oraz ilości informacji „ubocznej” podawanej wraz z wiekiem TL jest doceniany również przez innych autorów. Mallier et al. (4) sformułowali uwagi krytyczne wobec przedstawionej konwencji Fleminga (1, 2), sprowadzające się do rezygnacji z poda-

wania dwóch różnych wartości błędu oraz zamiany symbolu BP (który jest od dawna używany w innym znaczeniu w chronometrii radiowęglowej) symbolem B. 1980 (Before 1980). Wintle i Huntley (8) w swej krytyce dotychczasowych prac poświęconych datowaniu metodą TL osadów postulują podawanie jak największej ilości szczegółów technicznych, a zwłaszcza przykładowych krzywych TL typowych próbek oraz odwołania się przy podawaniu wyników datowań do odpowiednich publikacji źródłowych, zawierających pełny opis stosowanej metodyki datowania.

#### 3. Proponowana konwencja

Wychodząc z powyższych rozważań i uwzględniając dotychczasowe własne doświadczenia laboratoryjne oraz dostępne przykłady cytowania wyników oznaczeń wieku osadów metodą TL w literaturze zagranicznej (6, 7, 8, 5, 3) proponujemy przyjęcie oraz stosowanie w publikacjach (krajowych i zagranicznych) dotyczących zagadnień czwartorzędu następującej konwencji cytowania wyników datowań metodą TL:

##### 3.1. Wzór zapisu:

wiek  $\pm$  błąd *ka* [nr lab, minerał, frakcja]  
[metoda wyzn. DE; metoda wyzn.  $D_{re}$ ; wartość  $D_{re}$ ] [3]  
[inne czynniki]

##### 3.2. Struktura zapisu:

podany wzór zapisu wyniku datowania składa się z czterech segmentów:

A) wiek, jego błąd, jednostka, B) dane identyfikacyjne, C) podstawowe dane dotyczące metodyki datowania, D) informacje o uwzględnieniu (lub pominięciu) czynników mogących mieć wpływ na wynik datowania.

##### 3.3. Objaśnienia:

Segment A – postuluje się podawanie wyniku datowania (oraz błędu) w tysiącach lat (= *ka*), w celu uniknięcia podawania zbędnych zer i wyeliminowania iluzorycznego wrażenia o wysokiej dokładności np.  $30,0 \pm 4,5 ka$  zamiast  $30\ 000 \pm 4\ 500$  lat.

Segment B – zawiera trzy elementy:

B1 – numer laboratoryjny, składający się z symbolu identyfikacyjnego laboratorium wykonującego oznaczenie oraz numeru kolejnego datowania (np. GdTL-29);

B2 – symbol literowy oznaczający nazwę minerału wydzielonego z próbki osadu, w celu wykonania oznaczenia wieku. Proponowane oznaczenia: *q* – kwarc, *s* – skałek, *c* – kalcyt, *pm* – frakcja polimineralna, *X* – inny symbol w przypadku wydzielania innego minerału;

B3 – frakcja (granulacja) ziaren wydzielonego minerału w  $\mu$ m (np. 100  $\mu$ m).

Segment C – zawiera dwa elementy:

C1: symboliczne oznaczenie metody zastosowanej do wyznaczenia dawki ekwiwalentnej (DE), uzupełnione (w nawiasie) informacją czy przy wyznaczaniu DE przeprowadzono test plateau (*tp*) w jakim zakresie temperatur czy też wykorzystano wysokość piku TL i w jakiej temperaturze. Proponowane oznaczenia:

$N + \gamma$  }  
 $N + \beta$  } – metoda addytywna

$N + \gamma - I_0$  }  
 $N + \beta - I_0$  } – metoda addytywna z uwzględnieniem resztkowej TL

$N + UV + \gamma$  }  
 $N + UV + \beta$  }  
 $N + SL + \gamma$  }  
 $N + SL + \beta$  } – metoda odtworzeniowa

$R-\Gamma$   
 $R-B$  } – metoda  $R-\Gamma$

$tp$  – test plateau.

Przykłady zapisu segmentu C1:

1.  $R-\Gamma(tp\ 260-360^\circ C)$  – metoda  $R-\Gamma$ , test plateau w przedziale 260–360°C,

2.  $N+\gamma$ , (pik 320°C) – metoda addytywna, odczytująca wysokość pików TL przy 320°C,

3.  $N+SL+\gamma$ , ( $tp\ 260-430^\circ C$ ) – metoda odtworzeniowa, test plateau w przedziale 260–430°C,

C2 – symboliczne oznaczenie metody użytej do wyznaczenia efektywnej dawki rocznej ( $D_{re}$ ) wraz z wartością  $D_{re}$ , jej błędem i jednostką. Proponowane oznaczenia:

grupa metod laboratoryjnych

$\gamma$  – scyntylacyjna spektrometria  $\gamma$ ,

$\Gamma$  – spektrometria  $\gamma$  dużej zdolności rozdzielczej (z wykorzystaniem detektorów półprzewodnikowych),

$a$  – zliczanie cząstek  $a$ ,

$A$  – spektrometria cząstek  $a$ ,

$\beta$  – zliczanie cząstek  $\beta$ ,

$K$  – oznaczanie potasu metodami fotometrii,

$\beta TLD$  – dozymetria TL promieniowania  $\beta$ .

grupa metod polowych

$\gamma-is$  – bezpośredni pomiar mocy dawki  $\gamma$  *in situ*,  
 $\gamma TLD-is$  – dozymetria TL promieniowania  $\gamma$  *in situ*,  
wartość  $D_{re}$  powinna być wyrażana w  $\mu Gy/a$  (mikrogreje na rok) lub  $Gy/ka$  (greje na 1000 lat).

Przykłady zapisu segmentu C2:

1.  $\gamma(2.02 \pm 0.20\ Gy/ka)$ .

2.  $K, a(1.13 \pm 0.15\ Gy/ka)$  – efektywną moc dawki wyznaczono na  $1,13 \pm 0,15\ Gy$  na tysiąclecie stosując oznaczanie potasu metodą fotometryczną oraz zaliczanie cząstek  $a$ .

3.  $\gamma TLD, \gamma-is (1.85 \pm 0.15\ Gy/ka)$  wykonano *in situ* niezależne pomiary mocy dawki za pomocą np. sondy scyntylacyjnej  $\gamma$  oraz rozmieszczonych w osadzie dozymetrów TL.

Segment D – zawiera nieokreśloną liczbę elementów, w szczególności może nie zawierać żadnego (= brak segmentu D). Proponowane czynniki, ich symbole, oznaczenia:

$HF$  – trawienie kwasem fluorowodorowym

$nl$  – w badaniach stwierdzono nieliniowy wzrost TL,

$l$  – w badaniach stwierdzono liniowy wzrost TL,

$af$  – w badaniach nie stwierdzono anomalous znikania TL (anomalous fading),

$ws(-\%)$  – wilgotność nasycenia (w %) odniesiona do masy suchej próbki,

$w(\pm\%)$  – wilgotność średnia za okres zalegania próbki w osadzie przyjęta do obliczeń,

$r(-\%)$  – poprawka na emanację radonu w % mocy dawki,

$se(-\%)$  – poprawka na brak równowagi promieniotwórczej w osadzie w % mocy dawki,

$k_a(-)$  – współczynnik efektywności promieniowania  $a$  w tworzeniu TL.

### 3.4. Przykład pełnego zapisu

$30.0 \pm 4.5\ ka[GdTL-29; q; 150\ \mu m][R-\Gamma(\text{pik } 320^\circ C); \gamma(2.02 \pm 0.20\ Gy/ka)]; [HF; l]$  [4]

Treść zapisu:

Wiek próbki wynosi 30 000 lat, błąd oznaczenia wieku oszacowano na 4500 lat, oznaczenie wykonano w laboratorium TL w Gliwicach, kolejny numer pomiaru wieku 29; do datowania użyto ziaren kwarcu o granulacji 150  $\mu m$ . Dawkę ekwiwalentną wyznaczono metodą  $R-\Gamma$  odczytując wysokości pików TL w temperaturze 320°C. Efektywną dawkę roczną wyznaczono na  $2.02 \pm 0.20\ Gy$  na 1000 lat stosując scyntylacyjny spektrometr  $\gamma$ . Zastosowano trawienie ziaren kwasem fluorowodorowym; stwierdzono liniowy wzrost TL wraz z dawką. Nie uwzględniono wpływu wilgotności osadu, ucieczki radonu z próbki, ani braku równowagi promieniotwórczej naturalnych szeregów promieniotwórczych. Nie badano występowania zjawiska anomalous znikania.

### 3.5. Pragmatyka stosowania konwencji

Powyższa konwencja, przedstawiona w formie zapisu wzorcowego [3] oraz wykazu proponowanych oznaczeń symbolicznych nie przesądza sposobu jej praktycznej realizacji w publikacjach. W szczególności od liczby datowań, na jakie się autor powołuje, oraz ich metodycznej różnorodności (tzn. różnic w segmentach B2, B3, C1 i C2) powinna zależeć decyzja o cytowaniu zapisu wzorcowego w tekście (w linii) lub w wyodrębnionej tabeli. Przy praktycznym stosowaniu proponowanej konwencji postulujemy uwzględnienie następujących zasad:

1. Wszystkie daty TL cytowane w tekście danego opracowania powinny być zgrupowane w formie oddzielnej tabeli lub suplementu wyodrębnionego z głównego tekstu i zapisane zgodnie z przedstawionym zapisem wzorcowym [3].

2. Zestawienie dat TL powinno być opatrzone odсылaczem do odpowiedniej publikacji, zawierającej szczegółowy opis techniki i metodyki pomiarowej.

3. Zestawienie dat TL powinno być udokumentowane rysunkiem zawierającym przykładową rodzinę krzywych TL (tzn. np.  $N, N+\gamma, \dots; N, N+SL+\gamma, \dots$ ).

4. Daty TL cytowane w tekście czy też zamieszczane na przekrojach lub mapach geologicznych powinny być każdorazowo opatrzone numerem laboratoryjnym pomiaru.

5. Każda z dat TL zamieszczonych w zestawieniu powinna być poprzedzona krótką nazwą (symbolem) datowanej próbki, wraz z odpowiednim skrótowym określeniem typu genetycznego osadu i ewentualnie głębokością pod powierzchnią terenu.

### 4. Uwagi końcowe

Przedstawiona konwencja jednolitego sposobu podawania i cytowania wyników datowania metodą TL osadów czwartorzędowych jest propozycją o charakterze tymczasowego standardu, która powinna stać się punktem wyjścia do dalszych rozważań metodologicznych. Niezależnie od przyszłych niewątpliwych modyfikacji konwencja ta powinna być – zdaniem autorów – wprowadzona jak najszybciej i w możliwie szerokim zakresie w piśmiennictwie dotyczącym badań czwartorzędowych, a przede wszystkim w publikacjach o zasięgu międzynarodowym. Wymaga tego szybko wzrastająca liczba dostępnych dat TL. Już obecnie należy przewidywać konieczność opracowania odpowiednich baz danych zawierających wyniki datowań metodą TL osadów, w fazie początkowej w formie kartotek, w dalszej przyszłości w formie skomputeryzowanej.

Ujednolicenie ilości informacji i sposobu jej zapisu jest tu nieodzownym warunkiem do dalszych prac. Ponadto, w opinii autorów należy oczekiwać, że w przyszłości znaczna liczba dotychczas wykonanych datowań (lub nawet wszystkie) wymagać będzie rekalkulacji. Jako uzasadnienie

tej opinii można wymienić dwa powody: 1) konieczność uwzględnienia poprawek, wynikających z nie znanych obecnie (lub pomijanych) czynników, 2) konieczność unormowania wszystkich dat według jednolitych kryteriów o charakterze międzynarodowym. W tym kierunku zmierzać będą w przyszłości kolejne międzynarodowe seminaria robocze poświęcone chronometrii metodą TL i ESR. Im wcześniej odpowiednie posunięcia normalizacyjne zostaną podjęte w skali krajowej, tym lepiej.

## LITERATURA

1. Fleming S.J. — Thermoluminescent dating: MASCA data list I; quotation of results. MASCA Journal 1978 vol. 1.
2. Fleming S.J. — Thermoluminescence techniques in archaeology. Clarendon Press, Oxford 1979.
3. Hütt G., Punning J.M., Mangerud I. — Thermoluminescence dating of the Eemian-Early Weichselian sequence at Fjosanger, western Norway. Boreas 1983 vol. 12.
4. Mallier D., Fain J., Sanzelle S., Evin J. — Comments on the quotation of TL dates. Ancient TL 1983 no. 3.
5. Troitsky L., Punning J.M., Hütt G., Rajemae R. — Pleistocene glaciation chronology of Spitsbergen. Boreas 1979 vol. 8.
6. Wintle A.G. — Thermoluminescence dating of late Devensian leesses in southern England. Nature 1981 vol. 189.
7. Wintle A.G., Huntley D.J. — Thermoluminescence dating of a deep-sea sediment core. Ibidem 1979 vol. 289.
8. Wintle A.G., Huntley D.J. — Thermoluminescence dating of ocean sediments. Can. J. Earth Sci. 1980 no. 3.

## SUMMARY

Development of the thermoluminescence (TL) method of dating applied to Quaternary sediments demands to undertake some resolutions concerning the unification of quotation of TL dates in all publications in the field of Quaternary palaeogeography and stratigraphy. Such a unification seems to be necessary since the TL method of dating sediments cannot be regarded as standard routine method of dating, and results of dating are not independent of the versions of laboratory procedures used, and, moreover, are also influenced by a number of poorly known extra-laboratory factors. Present paper contains a proposal of a convention which is addressed to the authors, the reviewers and the editors of all publications in the field of Quaternary studies.

Basing on methodological achievements in the field of radiocarbon dating, and taking into account the convention of quotation of TL dates of ancient pottery formulated by Fleming (1978, 1979) as well as available examples of quotation of TL dates of sediments in recent papers published in some outstanding international journals, the authors of this paper propose the following unified form of quotation of TL dates:

age  $\pm$  error ka [lab. no.; mineral; fraction]  
 [method used to ev. ED; method used to ev.  $D_{re}$  (value of  $D_{re}$ )]  
 [other factors]

This form contains four separate segments which include logical sequence of data concerning the result and the

method of dating. Segment A contains the result (= age) with the dating error, and appropriate unit. We propose to quote the TL age and dating error in thousands of years (= ka), i.e. for example  $30,0 \pm 4,5$  ka instead of  $30\,000 \pm 4\,500$  years. Segment B includes basic parameters necessary for identification of the measurement: laboratory number, name of the mineral used and the grain size (in  $\mu\text{m}$ ). We propose following denotations for the minerals which are commonly used in TL dating: q — quartz, s — feldspar, c — calcite, pm — polimineral fraction. Segment C contains fundamental information on the method of age determination and includes two subsegments: C1 — name of the method used to evaluate the equivalent dose (ED) with additional information (in parenthesis) whether or not the plateau test (tp) was performed, and, if so, with the corresponding temperature interval stated; C2 — presents name of the method used to evaluate the equivalent dose rate ( $D_{re}$ ) with its value, standard error and the unit of  $D_{re}$ .

Short standard denotations are proposed for the most frequently used methods of DE determination, i.e. additive method, regeneration method, and the R- $\Gamma$  method, accounting for different technical versions of these methods. Similarly, short denotations are proposed for nine methods which are of potential use in determining  $D_{re}$ . We propose that the value of  $D_{re}$  should be quoted in Gy/ka or  $\mu\text{Gy/a}$ . Segment D contains information on other factors considered which could influence the result of TL dating. It contains undetermined number of parameters, in particular it can contain no element (= lack of segment D). We propose short standard denotations for eight most relevant factors which should — when necessary — be accounted for in TL dating of sediments.

Described convention of quotation of TL dates does not forejudge technical and editorial aspects of its use in publications. We propose only that all the TL dates quoted in the text should be grouped in form of single table or supplement separated from the main text and quoted according to the presented conventional standard form. The list of TL dates should be accomplished with the reference to recent relevant paper containing detailed description of methods used to obtain the TL dates and appropriate figure showing an example of the family of TL glow curves. Moreover, each of the TL dates should be preceded with short name of dated sample with appropriate short genetical definition of the type of sediment, and, eventually, depth of the sample below actual level of the ground.

## РЕЗЮМЕ

Скорое развитие хронометрии методом термолуминесценции (ТЛ) применяемой для обозначения возраста четвертичных осадков требует унифицирования правил цитирования результатов датирований проведенных методом ТЛ во всех публикациях в области палеогеографии и стратиграфии четвертичного периода. Унификация необходима также и потому, что метод ТЛ применяемый для обозначения возраста осадков, не является ещё стандартным методом, а получаемые результаты зависят от принятой лабораторной методики, а также от многих, не вполне ещё разведанных, внелaborаторных факторов.

Представленное в настоящей статье предложение обращено к авторам, рецензентам и редакторам всяких публикации касающихся четвертичного периода, в том числе также геологических карт. На основании методологических опытов радиоуглеродной хронометрии