

# Nowe oznaczenia wieku TL przy zastosowaniu filtrów optycznych

Jarosław Kusiak\*

Celem niniejszego opracowania jest przedstawienie wyników datowań utworów czwartorzędowych metodą termoluminescencyjną (TL) przy zastosowaniu filtrów optycznych: UG-11 (300–380 nm) i BG-28 (380–500 nm). Opracowanie wykonano w Zakładzie Geografii Fizycznej i Paleogeografii UMCS.

W laboratorium tego zakładu analizy TL dla datowań utworów czwartorzędowych wykonuje się od 1980 r. W latach 1980–1992 laboratorium prowadził J. Butrym, stosując metodę addytywną do wyznaczania dawki geologicznej (ED) oraz dawkomierze LiF do wyznaczania dawki rocznej (Dr). W 1993 r. datowania wykonywał S. Fedorowicz (Katedra Geomorfologii i Geologii Czwartorzędu Uniwersytetu Gdańskiego), stosując metodę regeneracyjną do wyznaczania ED, a Dr wyznaczał za pomocą trójkanałowego spektrometru typu AZAR'82. Od 1994 r. analizy wykonuje autor stosując metodę całkowitego wybielania do wyznaczania dawki geologicznej oraz trójkanałowy spektrometr typu AZAR'82 do wyznaczania dawki rocznej.

Wprowadzone zmiany sposobu wykonywania datowań, w stosunku do wypracowanego przez Butryma (1985a), zmierzały do wyeliminowania efektu zaniżania dawki rocznej w wyniku pomiarów, przy użyciu dawkomierzy oraz nieuwzględniania termoluminescencji resztowej przy wyznaczaniu ED, co było krytykowane przez autorów krajowych i zagranicznych (Fedorowicz & Olszak, 1988; Pazdur & Bluszcz, 1987a; Pazdur & Bluszcz, 1987b; Wintle, 1987).

Konieczność wykorzystania filtrów optycznych do analiz TL zaistniała w wyniku tego, że do wyznaczania dawki geologicznej, dla utworów pylastych, wykorzystuje się frakcję poliminerálną. W takim przypadku krzywe jarzenia TL są widmem łącznym wielu pików, pochodzących od różnych minerałów.

Stosując odpowiedni filtr optyczny można starać się wydzielić emisję o pewnej długości fali, charakterystyczną dla jednego minerału. Zależnie od obserwowanej części widma TL można uzyskać sygnał o mniejszej lub większej przydatności w datowaniu (zerowanie, stabilność, nasycenie) (Prószyńska-Bordas i in., 1987). Przy wyborze filtrów i metody przygotowania materiału mineralnego do pomiarów uwzględniono wyniki datowań opublikowanych przez Balescu i in. (1991, 1992), Balescu & Lamothe (1992), Berger (1988), Berger i in. (1992). Rezultaty podjętych prac metodycznych są prezentowane na przykładzie czterech wybranych próbek utworów. Uzyskane wyniki zestawiono z interpretacją geologiczną stanowisk, z których pobrano próbki.

W laboratorium lubelskim filtry optyczne przy analizach TL są wykorzystywane od początku 1995 r. Przy ich użyciu wykonano do końca 1996 r. 300 datowań.

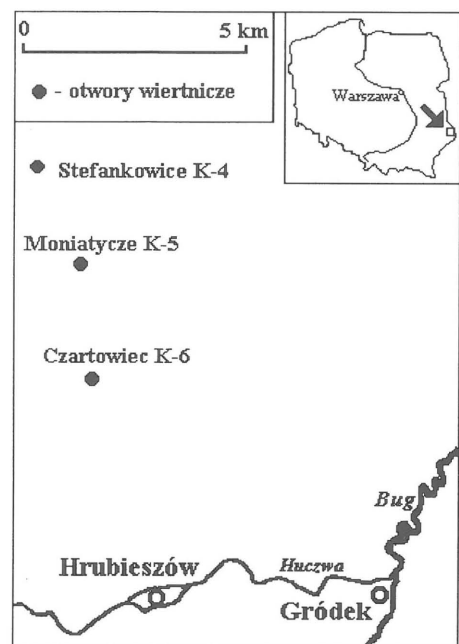
## Utwory analizowane

Do opracowania wytypowano cztery próbki różnowiekowych utworów czwartorzędowych, a mianowicie trzy próbki lessów z profili badanych przez L. Doleckiego oraz próbkę utworów zastoiskowych z profilu opracowanego przez H. Maruszczaka.

**Less z okresu ostatniego zlodowacenia.** Według Doleckiego (1995) jest to less młodszy górny 2 (LMg 2). Próbka z warstwy c2 (6,5–9,5 m) z wiercenia w Stefankowicach K-4 (ryc. 1), pobrana z głębokości 6,4–6,5 m. Jest to less seledynowoszary silnie oglejony, HCl+. Reprezentuje fację eoliczną. Numer laboratoryjny próbki Lub-3050.

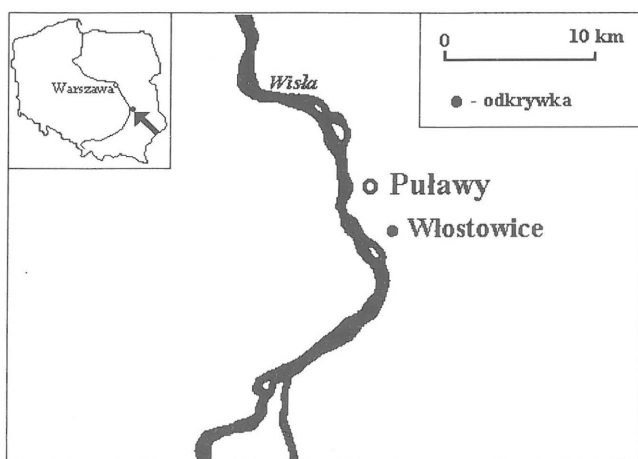
**Utwór zastoiskowy z okresu zlodowacenia odrzańskiego.** Próbka z warstwy c (2,7–4,4 m) odkrywki Puławy Włostowice 107A (ryc. 2), pobrana z głębokości 4,2–4,3 m. Według opisu profilu, opracowanego przez H. Maruszczaka, jest to osad zastoiskowy poprzedzający akumulację gliny zwałowej ze zlodowacenia Odry (Pożaryski i in., 1994). Są to mułki zastoiskowe szarooliwkowe, w części górnej z cienkimi przewarstwieniami żółtawych piasków pylastych (w stropie warstwa takich piasków o grubości 1–3 cm). W części środkowej cienka laminacja typu warwowego, a w części dolnej laminacja silniej zaznaczona przewarstwieniami piaszczystymi jak w górnej. W spągu płaskurowe smugi orsztynowe fałście ułożone, miejscami z kongrecjami węglanów. Numer laboratoryjny próbki Lub-3029.

**Less z okresu zlodowacenia liwca.** Według Doleckiego (1995) jest to less najstarszy z młodszej stadiu zlodowacenia.



Ryc. 1. Lokalizacja wierceń w Stefankowicach K-4, Czartowcu K-6 i Moniatyczach K-5

\*Zakład Geografii Fizycznej i Paleogeografii UMCS, ul. Akademicka 19, 20-033 Lublin



Ryc. 2. Lokalizacja odsłonięcia Puławy Włostowice 107A

cenia liwca o symbolu stratygraficznym LN1a. Próbkę z warstwy h2 (19,0–21,0 m) z wiercenia w Czartowcu K-6 (ryc. 1), pobrana z głębokości 19,0–19,2 m. Jest to glina pylasta ciężka z licznymi rdzawymi i brunatnymi skupieniami tlenków żelaza, tworzącymi marmurkową strukturę osadu. W górnej części warstwy rdzawe pseudofibry o zatartych granicach; HCl+. Jest to iluwialny poziom genetyczny gleby kopalnej wyższej rangi stratygraficznej o bliżej nieokreślonym układzie poziomów genetycznych. Numer laboratoryjny próbki Lub-3052.

**Less z okresu zlodowacenia nidy.** Według Doleckiego (1995) jest to less najstarszy (LN3a) z fazy zstępującej zlodowacenia nidy. Próbkę z warstwy l2 (27,7–30,5 m) z wiercenia w Moniatyczach K-5 (ryc. 1), pobrana z głębokości 29,5–29,7 m. Jest to mułek lessowy piaszczysty szary i jasno szary o silnie zatartej laminacji, z ciemnożółtymi smugami piasku drobnego na głębokości 28,2–28,3 m. Utwór zwarty; HCl+. Numer laboratoryjny próbki Lub-3051.

### Metoda pomiarów

Wiek osadów na podstawie analiz TL wyznacza się według wzoru:

$$t = ED/Dr, \quad (1)$$

ED — dawka geologiczna, tzn. dawka laboratoryjna promieniowania, która wywołuje taką samą termoluminescencję jak dawka otrzymana przez osad w warunkach naturalnych;

Dr — dawka roczna, tzn. skuteczna dawka promieniowania jonizującego pochłonięta przez ziarna osadu w ciągu jednego roku.

**Wyznaczenie dawki geologicznej ED.** Dawkę geologiczną wyznaczano metodą całkowitego wybielania, opisaną przez Singhi i in. (1982). Z objętości każdej próbki wydzielano frakcję polimieralną o średnicy 45–63  $\mu\text{m}$ , którą oczyszczano w dezintegratorze ultradźwiękowym w czasie 13 min oraz trawiono przez godzinę 30% roztworem  $\text{H}_2\text{O}_2$ , w celu usunięcia materiału organicznego (Butrym, 1985b; Stokes, 1992).

Oczyszczony materiał podzielono na 6 części. Jedną wykorzystano do pomiaru termoluminescencji naturalnej. Drugą, przeznaczoną dla wyznaczenia termoluminescencji resztowej, poddano działaniu światła lampy ultrafioletowej typu VP-60 przez ok. 12 godz. Pozostałe cztery części poddano napromieniowaniu dawkami promieniowania jonizującego ze źródła  $^{60}\text{Co}$ . W trakcie napromieniowania, dla zachowania równowagi elektronowej, materiał mineralny

zapakowany w bardzo cienką folię aluminiową, przykrywano warstwą pleksiglasu. Dawki promieniowania dobierano indywidualnie dla danej próbki, w zakresie do kilku tysięcy Gy.

W celu wyznaczenia dawki geologicznej dla każdej części wykonano dwie serie pomiarów, do każdej serii przygotowując 10 naważek o wadze 2 mg. Materiał mineralny przed pomiarem wygrzewano przez 8 dni w temperaturze 75°C lub 62 godziny w temperaturze 140°C (Baescu i in., 1991; Berger i in., 1992). Rejestracji krzywych jarzenia dokonywano przy użyciu czytnika-analizatora TL (model 770A lub RA94) z fotopowielaczem EMI 9789 QA w atmosferze argonu z szybkością 4°C/s do temperatury 380°C.

**Wyznaczenie dawki rocznej Dr.** Dawkę roczną dla ziaren frakcji 45–63  $\mu\text{m}$  obliczano według wzoru:

$$Dr = k a d_{\alpha} + d_{\beta} + d_{\gamma} + d_c, \quad (2)$$

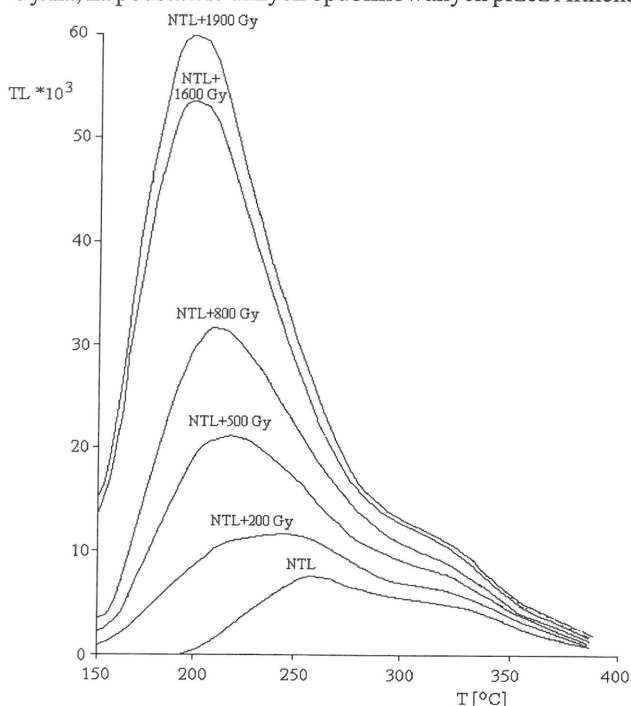
gdzie:

$k = 0,14$  opisuje skuteczność tworzenia termoluminescencji pod wpływem promieniowania;

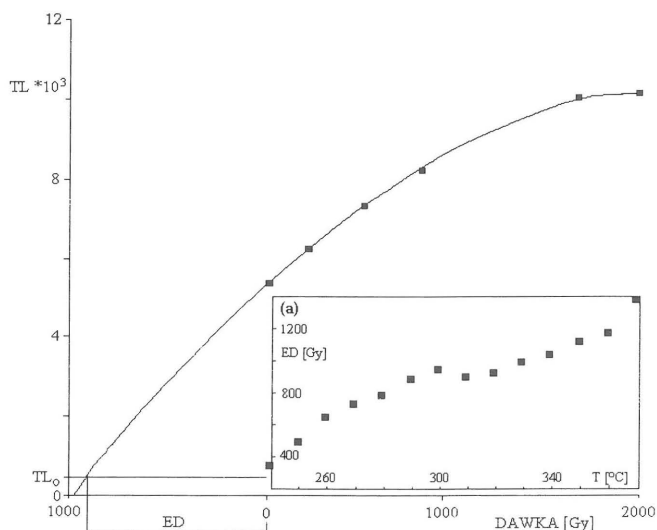
$a = 0,5$  — poprawka wynikająca z faktu, że ziarna o średnicy ok. 50  $\mu\text{m}$  mogą otrzymać tylko 50% dawki promieniowania  $\alpha$ , pobieranej w tym samym osadzie przez ziarna o średnicy 10  $\mu\text{m}$  i mniejszej (Wintle, 1987);

$d_{\alpha}, d_{\beta}, d_{\gamma}, d_c$  — dawki pochodzące od promieniowania, odpowiednio  $\alpha, \beta, \gamma$  i kosmicznego.

Dawki  $d_{\alpha}, d_{\beta}, d_{\gamma}$  obliczono na podstawie pomiarów stężeń naturalnych izotopów promieniotwórczych:  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{228}\text{Th}$ , wykonanych przy użyciu trójkanałowego spektrometru typu AZAR-82, przy założeniu stanu równowagi wiekowej w szeregach promieniotwórczych. Dla każdej próbki o objętości ok. 1,5  $\text{dm}^3$  wykonano 20 pomiarów, każdy w czasie 2000s (Fedorowicz & Olszak, 1985). Stężenia izotopów promieniotwórczych, wyrażone w Bq/kg, przeliczono na moce dawek pochłoniętych, pochodzących odpowiednio od promieniowania  $\alpha, \beta$  i  $\gamma$  wyrażone w Gy/ka, na podstawie danych opublikowanych przez Aitkena



Ryc. 3. Krzywe jarzenia TL dla próbki Lub-3052, pomiar z filtrem BG-28. Termoluminescencja naturalna — NTL oraz NTL± (200, 500, 800, 1600, 1900 Gy)



Ryc. 4. Krzywa wzrostu TL dla próbki Lub-3052, pomiar z filtrem BG-28. Do wyników pomiarów dopasowano funkcję wykładniczą, a) wyniki testu plateau dla próbki Lub-3052

(1983). Wielkość  $d_c$  wyznaczono na podstawie danych zawartych w pracy Prescott & Huttona (1988). Poprawki na wilgotność osadu przyjęto według Prószyńskiej-Bordas & Prószyńskiego (1983).

### Wyniki badań

Wyniki analiz TL oraz dokonanych na ich podstawie datowań przedstawiają ryc. 3 i 4 oraz tab. 1. Rycina 3 prezentuje krzywe jarzenia TL próbki Lub-3052 otrzymane przy użyciu filtra optycznego BG-28. Bardzo wyraźnie widać maksimum występujące w temperaturze ok. 200°C, obserwowane jedynie dla materiału mineralnego naświetlanego sztucznymi dawkami promieniowania. Aby wyeliminować wpływ tej niestabilnej termoluminescencji na wyniki analiz, próbki wygrzewano przed pomiarem. Rycina 4 przedstawia krzywą wzrostu TL sporządzoną dla próbki Lub-3052 (filtr BG-28). Do otrzymanych wyników dopasowano funkcję wykładniczą. Przedział temperatury 290–330°C, z którego odczytywano wartości wykorzystane do wykreślenia krzywej wzrostu został wyznaczony w wyniku przeprowadzenia testu plateau, którego rezultaty prezentuje ryc. 4a. Patrząc na wyniki zamieszczone w tab. 1 wyraźnie widać, że w zależności od rodzaju wykorzystanego przy rejestracji krzywych jarzenia TL filtra optycznego otrzymano różne wartości dawki geologicznej i wieku TL. Dla próbek Lub-3050 i Lub-3051 wartości ED dla filtra BG-28 (niebieski) są nieznacznie wyższe niż wartości uzyskane przy użyciu filtra UG-11 (ultrafiolet). Jednak daty obliczone na podstawie tych wartości pokrywają się w granicach błędów i dość dobrze odpowiadają sytuacji geologicznej analizowanych osadów. Sytuacja zmienia się bardzo wyraźnie dla próbek Lub-3029 i Lub-3052. W obu przypadkach dawka geologiczna, a tym samym wiek TL obliczony na

podstawie pomiarów wykonywanych z wykorzystaniem filtra UG-11 jest ok. 40% niższy od otrzymanego przy użyciu filtra BG-28.

### Wnioski

Wyniki przeprowadzonych analiz wskazują, że dla badanych próbek osadów pochodzących z górnego plenivstulianu oraz ze zlodowacenia nidy, wyznaczony wiek TL w niewielkim stopniu zależy od wyboru filtra optycznego. Dla osadów, których okres powstawania określono na zlodowacenie odrzańskie i zlodowacenie liwca wyraźnie widać różnice wieku TL w zależności od obserwowanej części widma TL. W literaturze wielokrotnie zwracano uwagę na ten efekt (Balescu i in., 1991; 1992; Balescu & Lamothe, 1992; Mycielska-Dowgiało & Prószyńska-Bordas, 1989). W pracach Balescu i in. (1992) i Balescu & Lamothe (1992) opublikowano wyniki datowań TL wykonanych z wykorzystaniem skaleni. Stwierdzono, że dobrze odzwierciedlające sytuację geologiczną daty uzyskuje się, biorąc pod uwagę niebieską część widma. Na podstawie tych wyników Berger i in. (1992) podjęli próbę datowania lessów z wykorzystaniem filtra BG-28 (380–500 nm). Zastosowanie przy datowaniu utworów lessowych wyników analiz TL otrzymanych dla skaleni było możliwe, ponieważ termoluminescencja ziaren mineralnych wchodzących w skład tych utworów pochodzi w przeważającym stopniu od skaleni. Minerale te, zwłaszcza skalenie potasowe, charakteryzują się bardzo dużą intensywnością termoluminescencji wielokrotnie przewyższającą intensywność termoluminescencji kwarcu (Berger i in., 1992; Prószyńska-Bordas i in., 1987).

Wyniki przeprowadzonych przez autora analiz są zbliżone do wyników datowań opublikowanych przez Bergera i in. (1992). Pozwala to mieć nadzieję, że metoda TL może być przydatna do datowania utworów pylastych starszych niż 100 ka, dając wyniki dobrze opisujące sytuację geologiczną badanych osadów.

Inną przeszkodą stojącą być może na drodze rozwoju metody termoluminescencyjnego datowania osadów czwartorzędowych jest powszechne stosowanie metody regeneracyjnej. Metoda ta dla próbek lessowych starszych od 80 ka konsekwentnie daje zaniżenie dawki geologicznej, a tym samym wieku TL. Efekt ten jest bardzo istotny, ponieważ dla próbek liczących 500 do 800 ka otrzymywane daty TL nie przekraczają 150 ka (Berger i in., 1992; Mycielska-Dowgiało & Prószyńska-Bordas, 1989).

W celu lepszego poznania zależności wieku TL od wybranej do wyznaczania dawki geologicznej części widma

Tab. 1. Wyniki datowań otrzymanych na podstawie analiz TL z wykorzystaniem różnych filtrów optycznych

Nr próbki	$d_{\alpha}$ [Gy/ka]	$d_{\beta}$ [Gy/ka]	$d_{\gamma}$ [Gy/ka]	$d_c$ [Gy/ka]	Dr [Gy/ka]	Filtr optyczny	ED [Gy]	Wiek [ka]
Lub-3050	0,309	1,459	0,809	0,08	2,657	UG-11 BG-28	53±8 62±10	20±3,6 23±4
Lub-3029	0,247	1,459	0,761	0,1	2,567	UG-11 BG-28	380±68 630±107	148±27 245±43
Lub-3052	0,336	1,449	0,834	–	2,619	UG-11 BG-28	510±82 900±153	195±33 343±61
Lub-3051	0,379	1,269	0,809	–	2,459	UG-11 BG-28	1260±239 1380±262	512±101 561±111

TL oraz metody wyznaczania ED, w laboratorium lubelskim są prowadzone dalsze prace metodyczne nad datowaniem osadów czwartorzędowych różnej genezy.

Panu prof. dr Henrykowi Maruszczakowi pragnę złożyć podziękowania za cenne uwagi dotyczące zagadnień poruszanych w niniejszym opracowaniu. Panu dr S. Fedorowiczowi dziękuję za życzliwe zaznajomienie ze stosowaną przez niego techniką datowań.

### L i t e r a t u r a

- AITKEN M.J. 1983 — Radioactivity data using SI units. *PACT*, 9: 69–71.
- BALESCU S. & LAMOTHE M. 1992 — *Quat. Sc. Rev.*, 1., 45–51.
- BALESCU S., PACKMAN S.C. & WINTLE A.G. 1991 — *Quat. Res.*, 35: 91–102.
- BALESCU S., PACKMAN S.C., WINTLE A.G. & GRŮNR. 1992 — *Ibidem*, 37: 390–396.
- BERGER G.W. 1988 — *Geol. Soc. Amer., Special Paper*, 227: 13–50.
- BERGER G.W., PILLANS B.J. & PALMER A.S. 1992 — *Geology*, 20: 403–406.
- BUTRYM J. 1985a — [In:] *Guidebook of the International Symposium on Problems of the Stratigraphy and Paleogeography of Loesses*. (Ed. H. Maruszczak): 81–90.
- BUTRYM J. 1985b — *Z. Nauk. Polit. Śl.*, 46: 137–145.
- DOLECKIL. 1995 — *Litologia i stratygrafia mezoplejstocenijskich utworów lessowych południowo-wschodniej części Wyżyny Lubelskiej*. Rozprawy habilitacyjne Wydz. Biologii i Nauk o Ziemi, 51, Wyd. UMCS.
- FEDOROWICZ S. & OLSZAK I.J. 1985 — *Ancient TL*, 3: 10–14.
- FEDOROWICZ S. & OLSZAK I.J. 1988 — *Bad. Fizjograf. nad Pol. Zach. ser. A: Geografia Fizyczna*, 39: 6–23.
- MYCIELSKA-DOWGIAŁŁO E. & PRÓSZYŃSKA-BORDAS H. 1989 — *Spraw. Bad. Nauk., Kom. Bad. Czwart. PAN*, 8: 8–18.
- PAZDUR M. F. & BLUSZCZ A. 1987a — *Prz. Geol.*, 35: 566–570.
- PAZDUR M. F. & BLUSZCZ A. 1987b — *Ibidem*, 35: 624–628.
- POŻARYSKI W., MARUSZCZAK H. & LINDNER L. 1994 — *Pr. Państw. Inst. Geol.* 147: 29–30.
- PRESCOTT J.R. & HUTTON J.T. 1988 — *Nuclear Tracks*, 14: 223–227.
- PRÓSZYŃSKA-BORDAS H. & PRÓSZYŃSKI M. 1983 — *Kom. Bad. Czwart. PAN*, 5: 105–113.
- PRÓSZYŃSKA-BORDAS H., STAŃSKA-PRÓSZYŃSKA W. & PRÓSZYŃSKI M. 1987 — *Ibidem*, 7: 16–29.
- SINGHVI A.K., SHARMA Y.P. & AGRAWAL D.P. 1982 — *Nature*, 295: 313–315.
- STOKES S. 1992 — *Quat. Sc. Rev.*, 11: 153–160.
- WINTLE A.G. 1987 — *Catena Supplement*, 9: 103–115.