

## O WIEKU PIASKÓW Z FROMBORKA

## Przyczynek do dyskusji nad przydatnością metody TL w chronostratygrafii czwartorzędu

W „Acta Geologica Polonica” vol. 34, no. 1–2 (1984) ukazał się obszerny artykuł (5) L. Lindnera „An outline of Pleistocene chronostratigraphy in Poland”, przedstawiający nowy podział chronostratygraficzny czwartorzędu Polski, oparty na bogatym zestawie danych geochronologicznych, głównie w postaci datowań metodą TL, wykonanych w laboratoriach TL w Warszawie pod kierunkiem M. Prószyńskiego i w Lublinie przez J. Butryma. W niniejszym artykule, stanowiącym przyczynek do dyskusji, która toczyła się podczas sympozjum „Stratygrafia czwartorzędu Polski”, zorganizowanego w Warszawie w dniach 18–20 października 1984 r. przez Sekcję Stratygrafii i Paleogeografii Plejstocenu Komitetu Badań Czwartorzędu PAN, pragniemy zakwestionować podany przez L. Lindnera wiek „piasków z Fromborka”.

W rozdziale poświęconym omówieniu interglacjału Grabówki, wprowadzonego w miejsce wyróżnionych przez S.Z. Różyckiego (7, 8) jednostek o nazwach interstadiału Pilicy i interstadiału lubelskiego, L. Lindner po zacyto-

waniu wyników oznaczeń wieku metodą TL z profili w Bełchatowie (264 ka BP; 3) oraz w Wąchocku ( $245 \pm 45$  ka BP; 6) przytacza zdanie (cyt.): „Piaski z profilu we Fromborku (daty TL: 260–240 ka BP) były prawdopodobnie osadzone w tym samym czasie”. Oznaczenia wieku wzmiankowane w cytowanym zdaniu zostały wykonane przez S. Fedorowicza w Laboratorium TL Katedry Geomorfologii i Geologii Czwartorzędu Uniwersytetu Gdańskiego w Gdyni przedstawione przez niego w referacie wygłoszonym podczas konferencji „Metody chronologii bezwzględnej” w Gliwicach.

Do badań użyto trzech próbek piasku, pobranych przez B. Rosę i S. Fedorowicza z trzech różnych głębokości w piaskowni pod Fromborkiem. Próbkę te przekazano m. in. do laboratorium TL w Gliwicach w celu wykonania porównawczego oznaczenia wieku. Dokładna pozycja stratygraficzna tych próbek, a tym samym znaczenie ewentualnych dat TL, nie są znane autorom niniejszego artykułu, co zresztą nie ma większego znaczenia, gdyż również cyto-

wany przez L. Lindnera za S. Fedorowiczem wiek tych próbek ma niewiele wspólnego z czasem depozycji badanego osadu.

## METODYKA I WYNIKI BADAŃ

Metodykę datowania termoluminescencyjnego próbek osadów czwartorzędowych, stosowaną w Laboratorium TL w Gliwicach opisano wcześniej (1); w dalszej części tekstu będziemy się jednak na nią powoływać przy okazji przedstawiania kolejnych etapów badań wymienionych próbek. Przypomnijmy, że wiek TL osadu jest zdefiniowany jako stosunek efektywnej dawki geologicznej  $ED$  do efektywnej dawki rocznej  $Dr$  (mocy dawki) i wyraża się wzorem:

$$T = \frac{ED}{Dr} \quad [1]$$

i oczywiście poprawne jego oznaczenie wymaga poprawnego wyznaczania wartości  $ED$  i  $Dr$ .

### A. Wyznaczanie dawki rocznej $Dr$

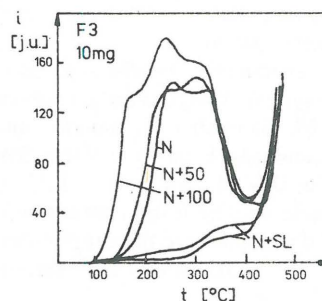
Z każdej próbki wydzielono po dwie porcje o masie ok. 0,3 kg które użyto do pomiaru koncentracji izotopów promieniotwórczych Th, U i K. Pomiaru te wykonano trzykanałowym scyntylicyjnym spektrometrem  $\gamma$ . Z pozostałej części wydzielono ziarna o granulacji 88–150  $\mu\text{m}$ , a następnie stosując mieszaniny bromoformu i kwasu wydzieleno ziarna o gęstości od 2,62 do 2,68  $\text{g}/\text{cm}^3$ . Otrzymane ziarna kwarcu traktowano przez 60 min. 1 N HF, usuwając zewnętrzną warstwę, której grubość na podstawie tabel Fleminga (4) oszacowano na 8  $\mu\text{m}$ . Dawkę roczną  $Dr$  wyznaczono przy założeniu równowagi promieniotwórczej w szeregach uranu i toru oraz uwzględniając poprawki na stwierdzoną wilgotność próbek, rozmiar ziarn, usunięcie warstwy zewnętrznej o grubości 8  $\mu\text{m}$  i przyjmując współczynnik skuteczności promieniowania  $\alpha$  równy 0,14 oraz wkład do dawki rocznej od promieniowania kosmicznego równy 150  $\mu\text{Gy}/\text{rok}$ . Wyniki pomiarów i obliczeń  $Dr$  dla badanych próbek zawiera tab. I. Dokładność wyznaczenia  $Dr$  szacuje się na 10%.

### B. Wyznaczanie dawki geologicznej $ED$

Z każdej z próbek przygotowano trzy porcje ziarn kwarcu o masie ok. 1 g. Pierwszą porcję przeznaczono do pomiarów naturalnej termoluminescencji, dwie pozostałe zaś zostały naświetlone dawkami promieniowania  $\gamma$  ze źródła  $^{60}\text{Co}$ , wynoszącymi 50 i 100 Gy (dokładne wartości wynosiły  $D_1 = 49,4$  Gy,  $D_2 = 98,8$  Gy, dokładność ozna-

czenia dawek sztucznych 1,5%). Dla próbek Frombork F1 i Frombork F3 wykonano wstępne pomiary termoluminescencji naturalnej TLN i indukowanej dodatkowymi dawkami  $TL_1$  i  $TL_2$ , stosując porcje ziarn o masie 2 mg. Dodatkowo wykonano serię pomiarów stosując porcje o masie 10 mg. Wyznaczone metodą addytywną wartości dawek geologicznych wynoszą ok. 300 Gy, co zgodnie z danymi z tab. I odpowiadałoby wiekowi tych próbek, wynoszącemu ok. 200 tys. lat. Przy badaniu obu próbek stwierdzono jednak, że przyrost termoluminescencji  $TL_2 - TL_1$  jest mniejszy niż przyrost  $TL_1 - TLN$ , co przy takich samych przyrostach dawek sugeruje, że dawka geologiczna, jaką otrzymały ziarna kwarcu przypada na zakres nieliniowej zależności termoluminescencji od dawki. Stwierdzenie takie jest równoważne z odrzuceniem metody addytywnej, która jak wiadomo, wykorzystuje fakt liniowej zależności TL od dawki.

Jako ilustrację na ryc. 1 przedstawiono przykładową rodzinę krzywych TL otrzymanych dla próbki Frombork F3. Z wykresu tego łatwo ocenić, że przyrost termoluminescencji wywołany dodatkową dawką 50 Gy wynosi ok. 10% wielkości naturalnej termoluminescencji ziarn, co przy zastosowaniu metody addytywnej odpowiadałoby dawce geologicznej ok. 500 Gy, a w przeliczeniu na wiek (zob. tab. I) – ok. 300 tys. lat. Dla bardziej przejrzystego



Ryc. 1. Przykładowa rodzina krzywych TL ziarn kwarcu z próbki Frombork F3

N – krzywa naturalnej termoluminescencji próbki, N+50 (N+100) – krzywa TL próbki naświetlonej dodatkową dawką 50 Gy (100 Gy), N+SL – krzywe termoluminescencji resztkowej otrzymane po długotrwałej (~10 h) ekspozycji ziarn kwarcu na światło słoneczne

Fig. 1. An example of TL glow curves of quartz (sample Frombork F3)

N – natural TL glow curve; N+50 (N+100) – TL glow curves of natural sample subjected to additive doses of gamma radiation equal to 50 Gy (100 Gy); N+SL – residual TL obtained after long (~10 h) exposition of quartz grains to sunlight

Tabela 1  
WYNIKI POMIARÓW KONCENTRACJI URANU, TORU I POTASU W PRÓBKACH ORAZ WARTOŚCI OTRZYMANE W OBLICZENIACH EFEKTYWNEJ DAWKI ROCZNEJ

| Próbka | Koncentracje izotopów <sup>1</sup><br>(ppm) |                   |                 | Wilgotność naturalna<br>% | Składniki dawki rocznej <sup>2</sup><br>( $\mu\text{Gy}/\text{rok}$ ) |           |            |         | Dawka roczna $Dr$<br>( $\mu\text{Gy}/\text{rok}$ ) |
|--------|---|-------------------|-----------------|---------------------------|---|-----------|------------|---------|--|
|        | <sup>238</sup> U                            | <sup>232</sup> Th | <sup>40</sup> K |                           | $D_\alpha$ <sup>3</sup>   | $D_\beta$ | $D_\gamma$ | $D_\mu$ |  |
| F1     | 0,72  | 2,3               | 1,13            | 1,65                      | 29  | 847       | 429        | 150     | 1455   |
| F2     | 0,72  | 1,95              | 0,75            | 2,88                      | 26  | 731       | 374        | 150     | 1281   |
| F3     | 1,07  | 2,0               | 1,05            | 2,43                      | 34  | 825       | 433        | 150     | 1442   |

<sup>1</sup> Wartości średnie 2 pomiarów wykonanych na dwóch niezależnych porcjach piasku.

<sup>2</sup>  $D_\alpha$ ,  $D_\beta$  i  $D_\gamma$  – wkład do dawki rocznej od promieniowania  $\alpha$ ,  $\beta$  i  $\gamma$ , odpowiednio;  $D_\mu$  – wkład od promieniowania kosmicznego.

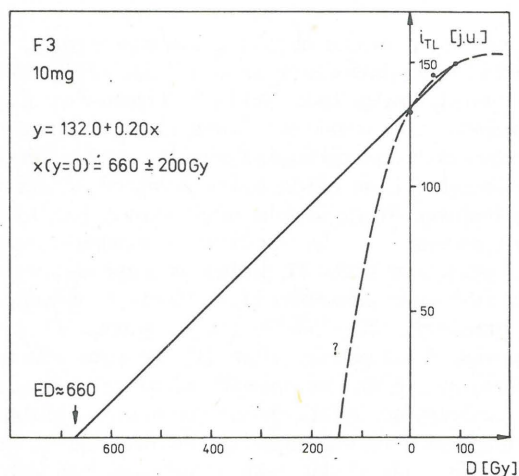
<sup>3</sup> Małe wartości  $D_\alpha$  wynoszące ok. 2% wartości całkowitej efektywnej dawki rocznej wynikają z uwzględnienia usuniętej zewnętrznej powłoki ziarn o grubości ok. 8  $\mu\text{m}$ , (zob. 4).



zilustrowania charakteru metody addytywnej przedstawiono na ryc. 2 wartości TLN, TL<sub>1</sub> i TL<sub>2</sub> odczytane z krzywych na ryc. 1 wraz z aproksymującą te punkty prostą. Z przecięcia tej prostej z osią dawek można określić wartość ED przy zastosowaniu metody addytywnej jako 660 ± 200 Gy. Jednocześnie na ryc. 2 wyraźnie widoczny jest wspomniany wyżej efekt nieliniowości – przyrost TL<sub>2</sub> – TL<sub>1</sub> jest trzykrotnie mniejszy niż przyrost TL<sub>1</sub> – TLN.

W związku z powyższymi zastrzeżeniami co do stosowności metody addytywnej, podjęto próbę wyznaczenia dawki geologicznej metodą odtworzeniową. W tym celu z każdej próbki ponownie przygotowano cztery porcje ziarn kwarcu, z których pierwszą – jak poprzednio – użyto do pomiarów termoluminescencji naturalnej, trzy pozostałe zaś poddano działaniu promieniowania lampy ultrafioletowej (wybielaniu), w celu zmniejszenia naturalnej termoluminescencji ziarn kwarcu do poziomu termoluminescencji resztkowej (TL<sub>0</sub>), tj. takiej, która nie ulega już redukcji przy dalszym wydłużaniu czasu ekspozycji. Porcje kwarcu naświetlano lampą HQV 125 W z odległości 15 cm przez jedną dobę. Jedna z wybielonych porcji była używana do pomiaru krzywych TL<sub>0</sub>, dwie pozostałe otrzymały dawki promieniowania γ o wartościach D<sub>3</sub> = 70 Gy i D<sub>4</sub> = 100 Gy. Pomiary termoluminescencji naturalnej (TLN), resztkowej (TL<sub>0</sub>) oraz indukowanej dawkami sztucznymi (D<sub>3</sub> i D<sub>4</sub>) wykonano przy użyciu porcji ziarn kwarcu o masie 2 mg, wykonując dodatkowo także pojedyncze serie pomiarów na porcjach o masie 10 mg. Przykładową rodzinę krzywych TL z próbki Frombork F3 otrzymaną w metodzie odtworzeniowej przy użyciu porcji o masie 10 mg przedstawia ryc. 3. Na ryc. 4a, b, c przedstawiono wartości średnie TL<sub>0</sub>, TL<sub>3</sub> i TL<sub>4</sub> w funkcji dawki wraz z odpowiednimi prostymi aproksymującymi zależność termoluminescencji od dawki

$$TL = a + bD \quad [2]$$



Ryc. 2. Ilustracja wyznaczenia dawki geologicznej ED metodą addytywną przy wykorzystaniu rodziny krzywych z ryc. 1

Linia ciągła – prosta najmniejszych kwadratów użyta do wyznaczenia ekstrapolowanej dawki ED. Linia przerywana – hipotetyczny przebieg zależności świecenia TL od dawki

Fig. 2. An illustration of the procedure of determining of the equivalent geological dose ED by the "additive method" using glow curves shown in Fig. 1.

Solid line – least squares line used to determine ED; dashed line – hypothetical dependence of TL intensity on dose

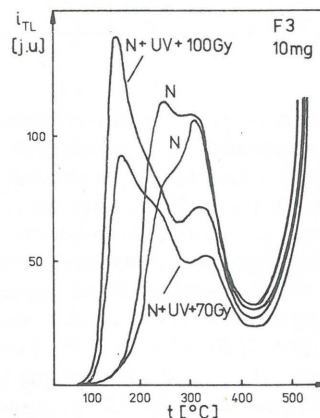
dla próbek Frombork F1, F2 i F3. Wartości średnie otrzymane z pomiarów próbek F1 i F3 wykazują doskonałe ułożenie na prostej; w próbce F2 są widoczne większe odstępstwa punktów pomiarowych od prostej najmniejszych kwadratów. Linia przerywana na ryc. 4a, b, c ilustruje sposób wyznaczenia dawki geologicznej ED jako wartości, która odpowiada zmierzonej wielkości termoluminescencji naturalnej. W praktyce do wyznaczenia ED zastosowano metodę analityczną wstawiając do wzoru [2] wyliczone metodą najmniejszych kwadratów wartości współczynników a i b oraz średnią zmierzoną wartość TLN. Odpowiednie wartości zawiera tab. II.

Ostateczne wartości dawek geologicznych wyliczono jako średnie ważone z wartości zamieszczonych w tab. II oraz z wartości uzyskanych w serii dodatkowych pomiarów wykonanych dla porcji ziarn o masie 10 mg. Zestawienie tych wartości wraz z wartościami dawek rocznych i wynikających stąd datami TL zawiera tab. III.

## DYSKUSJA

Otrzymane daty TL są do siebie zbliżone. Ponieważ ich różnice nie przekraczają granic błędów, można uznać że datowana seria osadów powstała w krótkim czasie. W związku z tym, że dodatkowo zmierzone koncentracje uranu, toru i potasu (tab. I) oraz dawki roczne Dr poszczególnych próbek pokrywają się (w granicach błędów pomiarowych), można podjąć próbę uśrednienia tych wartości. Obliczona średnia wartość dawki rocznej wynosi  $Dr = 1393 \pm 56 \mu\text{Gy/rok}$ , średnia równoważna dawka geologiczna  $ED = 136 \pm 9 \text{ Gy}$ , badanej serii osadów można zatem przypisać średni wiek

$$\bar{T} = 98 \pm 8 \text{ ka}$$

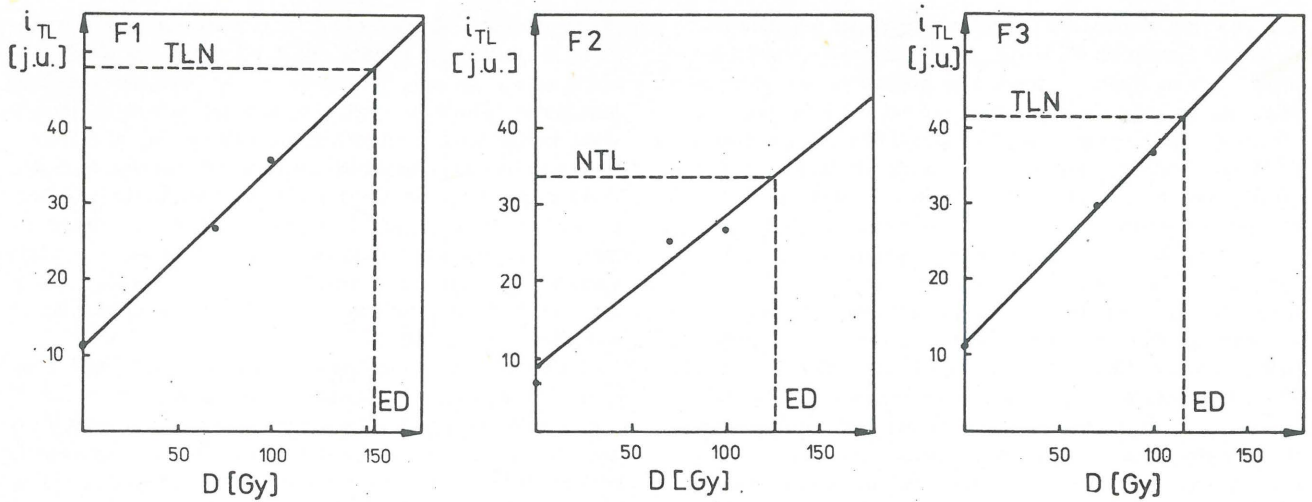


Ryc. 3. Przykładowa rodzina krzywych TL ziarn kwarcu z próbki Frombork F3 otrzymanych w metodzie odtworzeniowej

N – krzywa naturalnej TL; N+UV+70 (N+UV+100) – krzywe TL otrzymane po skasowaniu naturalnej TL do poziomu resztkowego działaniem lampy ultrafioletowej i naświetleniu dawką 70 Gy (100 Gy)

Fig. 3. An example of TL glow curves of quartz grains extracted from sample Frombork F3 obtained in the "regeneration method" of dating

N – natural TL glow curves; N+UV+70 (N+UV+100) – TL glow curves obtained after artificial bleaching of quartz grains with ultraviolet lamp and subsequent exposition to gamma radiation dose of 70 Gy (100 Gy)



Ryc. 4. Wyznaczenie dawek geologicznych ED próbek F1, (ryc. 4a), F2, (ryc. 4b) i F3 (ryc. 4c) w metodzie odtworzeniowej

Fig. 4. Determination of equivalent geological doses EDs of samples F1 (Fig. 4a), F2 (Fig. 4b) and F3 (Fig. 4c) with the use of regeneration method

Linia ciągła oznacza prostą najmniejszych kwadratów dopasowaną do zaznaczonych na rysunku wartości średnich, pozioma linia przerywana N – wielkość naturalnej TL próbki, punkt przecięcia tych prostych wyznacza na osi dawek wartość dawki geologicznej ED

Solid line – least squares line fitted to mean values shown by dots; horizontal dashed line NTL indicates level of natural TL. The intercept of these lines determines the value of ED on the abscissa axis

Tabela II

WARTOŚCI WSPÓŁCZYNNIKÓW PROSTEJ NAJMNIEJSZYCH KWADRATÓW ORAZ WYLICZONE WARTOŚCI EFEKTYWNEJ DAWKI GEOLOGICZNEJ ED

| Próbka | $a \pm \Delta a$ | $b \pm \Delta b$<br>[Gy <sup>-1</sup> ] | TLN        | ED[Gy]   |
|--------|------------------|---|------------|----------|
| F1     | 10,9 ± 1,9       | 0,243 ± 0,027                           | 48,0 ± 4,5 | 153 ± 26 |
| F2     | 8,2 ± 2,1        | 0,200 ± 0,030                           | 33,5 ± 3,1 | 126 ± 27 |
| F3     | 11,1 ± 2,2       | 0,260 ± 0,031                           | 41,5 ± 3,4 | 117 ± 21 |

Dla pełnej oceny poprawności otrzymanych dat TL należy jeszcze przeanalizować problem wpływu naturalnej wilgotności osadu oraz skutki ewentualnej nieliniowości w przedziale dawek 100–150 Gy. Przy wyliczeniu efektywnej dawki rocznej uwzględniono wilgotność próbek, jaką miały one w chwili pobrania. Otwarty pozostaje problem wilgotności datowania osadu w czasie przeszłym, począwszy od chwili jego powstania. Ponieważ mamy tu do czynienia z mięszką (ponad 20 m) serią silnie przepuszczalnych piasków, zalegających tuż pod powierzchnią terenu, wydaje się mało prawdopodobne, aby ich wilgotność naturalna w przeszłości istotnie przewyższała obecne wartości. W konsekwencji można przyjąć, że wiek TL próbek wynikający z uwzględnienia faktycznej średniej wilgotności naturalnej osadu w przeszłości powinien być nieznacznie większy od podanych w tab. III wartości. Jeżeli przyjąć ponadto, że wilgotność warstw zalegających niżej była w w przeszłości większa – co wydaje się założeniem naturalnym – to również błąd wywołany przyjęciem w obliczeniach wilgotności próbek w chwili ich pobrania powinien być największy dla najniższej położonej próbki. Hipoteza ta może wyjaśniać fakt nieznacznej (bo mieszczącej się w granicach błędów) inwersji dat TL wraz z głębokością, tym samym dodatkowo uzasadniając procedurę uśredniania.

Otrzymane z ekstrapolacji liniowej wartości dawek geologicznych mieszczą się w przedziale 120–150 Gy. Z omawianych wyżej wstępnych pomiarów wykonanych

Tabela III

WYNIKI OBLICZEŃ WIEKU TL PRÓBEK FROMBORK F1, F2, F3

| Próbka | Nr lab. | Dr[μGy/rok] | ED[Gy]   | Wiek TL [ka] |
|--------|---------|-------------|----------|--------------|
| F1     | GdTL-1  | 1455        | 153 ± 26 | 105 ± 20     |
| F2     | GdTL-2  | 1281        | 133 ± 22 | 104 ± 20     |
| F3     | GdTL-3  | 1442        | 123 ± 20 | 85 ± 16      |

przy próbie datowania metodą addytywną wynika, że dla próbki F1 i F3 zakres dawek od ok. 150 do 250 Gy należy do obszaru nieliniowego (por. ryc. 1 i 2). Trzeba więc liczyć się z możliwością, że w zakresie dawek 120–150 Gy, do którego sięga ekstrapolacja liniowa (zob. ryc. 4a, b, c), prawdziwa zależność TL od dawki będzie odbiegać od zależności ściśle liniowej. Przyjęcie zależności liniowej (jak to uczyniono) pociąga za sobą zaniżenie wyznaczonej wartości ED, a tym samym wieku TL próbek. W przypadku występowania nieliniowej zależności TL od dawki już w wymienionym przedziale 120–150 Gy faktyczny wiek TL próbek byłby większy niż podany w tab. III. Doskonała liniowość widoczna na ryc. 4a i 4c pozwala jednak przypuszczać, że efekt nieliniowości jest nieznaczny, co oznacza, że daty TL otrzymane metodą ekstrapolacji liniowej nie odbiegają w istotny sposób od dat, jakie wynikałyby z dokładnego doświadczalnego wyznaczenia rzeczywistej zależności TL od dawki w zakresie dawek przekraczających 100 Gy. Na podstawie tych argumentów zrezygnowano z nasświetlań większymi dawkami i dalszych badań szczegółowych.

Z przedstawionego szczegółowego opisu przeprowadzonych badań oraz uzyskanych rezultatów wynika, że zacytowany na początku niniejszego artykułu za L. Lindnerem „wiek” piaskowców z Fromborka jest rezultatem błędu metodycznego, polegającego na pochopnym zastosowaniu najprostszej metodyki postępowania przy oznaczeniu wieku TL (metody addytywnej), co w konsekwencji prowadziło do zaniedbania zjawiska nieliniowego wzrostu TL wraz z dawką, jak również pominięcia termoluminescencji reszt-



kowej TL<sub>0</sub> (która stanowi ok. 1/4 TLN), dając ponad dwukrotne zawyżenie wieku termoluminescencyjnego datowanych próbek. W świetle przedstawionych wyników i ich dyskusji serię piasków z Fromborka należy wiązać raczej z interglacją eemskim niż z jakimkolwiek okresem ciepłym w obrębie zlodowaceń środkowopolskich.

#### UWAGI KOŃCOWE

Przytoczone wyniki pomiarów, ich dyskusję i wnioski chronostratygraficzne należy rozważyć w kontekście dyskusji toczonej podczas wspomnianego na wstępie sympozjum, a kontynuowanej w „Przeglądzie Geologicznym”. Daty TL próbek z Fromborka stanowią dobitny przykład na to, że posługiwanie się wynikami pomiarów TL bez pełnej dokumentacji nie pozwala na właściwą ocenę ich rzetelności, a tym samym na ocenę ich przydatności przy konstruowaniu podziałów chronostratygraficznych czwartorzędu. W poprzednim artykule (2) opublikowanym w „Przeglądzie Geologicznym” zamieściliśmy szczegółową propozycję konwencji cytowania wyników datowań TL osadów. Powyższy przykład potwierdza konieczność jej niezwłocznego wprowadzenia do powszechnego użytku.

W niniejszym artykule przedstawiliśmy w charakterze przykładu opis badań wykonanych przy oznaczaniu wieku TL próbek z Fromborka. Przykład ten nie jest bynajmniej ilustracją wyjątkowych trudności w procesie datowania metodą TL, raczej należy go uznać za reprezentatywny, przeciętny przypadek. Z metodologicznego punktu widzenia można w opisanym przebiegu datowania wyróżnić oprócz standardowych elementów pracy laboratoryjnej także etapy nie dające się ująć w rutynowym schemacie niezmiennego, z góry określonego sposobu postępowania, a więc planowanie pomiarów na podstawie dostępnych danych, pomiary wstępne oraz ich analizę, postawienie prawidłowych hipotez i dobór procedury odpowiedniej dla poprawnego wykonania właściwych pomiarów oraz ocenę końcowych wyników badań.

W świetle dostępnej, stosunkowo bogatej literatury, w tym zwłaszcza materiałów z IV Specjalistycznego Seminarium Datowania Metodami TL i ESR, odbytego we Worms, RFN we wrześniu 1984 r. oraz własnych doświadczeń zebranych w okresie trzyletniej pracy w Laboratorium TL w Gliwicach można już naszym zdaniem podjąć próbę uogólnienia zebranych informacji na temat własności termoluminescencyjnych ziarn minerałów wydzielanych z osadów w celu ich datowania, jak również oceny dokładności tych dat i ich przydatności w chronostratygrafii utworów czwartorzędowych. Zagadnienie to jest na tyle obszerne i ważne dla prawidłowego wykorzystania metody TL w badaniach czwartorzędu, że wymaga oddzielnego potraktowania. Przedstawimy je w następnym, przygotowywanym obecnie artykule, odwołując się do niektórych szczegółów eksperymentalnych zawartych w opisie badań próbek „piasków Fromborka”.

#### LITERATURA

1. Bluszcz A. — Stanowisko pomiarowe i metodyka pomiarów w Laboratorium TL w Gliwicach. Mat. Konf. „Metody Chronometrii Bezwzględnej”, Gliwice 1983, Zesz. Nauk. Pol. Śl., seria Geochronometria (w druku)
2. Bluszcz A., Pazdur M. F. — Propozycja ujednoczenia sposobu podawania i cytowania wyników datowania osadów metodą TL. Prz. Geol. 1985 nr 5.

3. Butrym J. et al. — Datowanie bezwzględne osadów czwartorzędowych górnego piętra strukturalnego w strefach Piaski—Buczyna—Chojny odkrywki bełchatowskiej. Czwartorzęd rejonu Bełchatowa. Mat. I Sympozjum Wyd. Geol. 1982.
4. Fleming S. J. — Thermoluminescence techniques in Archeology. Clarendon Press Oxford 1979.
5. Lindner L. — An outline of Pleistocene chronostratigraphy in Poland. Acta Geol. Pol. 1984 vol. 34 no. 1—2.
6. Lindner L., Prószyński M. — Geochronology of the Pleistocene deposits exposed at Wąchock, northern part of the Holy Cross Mts. Acta Geol. Pol. 1979 vol. 29 no. 1.
7. Różycki S. Z. — Od „Mocht” do syntezy stratygrafii plejstocenu Polski. Roczn. Pol. Tow. Geol. 1978 z. 3—4.
8. Różycki S. Z. — Principles of stratigraphic subdivisions of Quaternary of Poland. Quatern. Stud. in Poland 1980 no. 2.

#### SUMMARY

The authors call in question the results of TL dating of sands from the profile in Frombork, quoted by L. Lindner (5). These results are in serious error due to nonlinear response of TL, which was not accounted for in simplified additive method of TL dating. Experimental evidence for nonlinear behaviour of TL is presented and the effects of nonlinearity on the results of TL dating are estimated. The authors describe then in details the “regeneration method” used by them and quote TL dates of three sand samples. The results indicate that the sands from the Frombork section were deposited during the Eemian interglacial. It is concluded that special care is needed in evaluation of the validity of TL dates. This dating controversy indicates also that all TL dates should be quoted with complete laboratory documentation according to the earlier proposal of the authors (2).

#### РЕЗЮМЕ

Авторы подвергают сомнению результаты датирований методом ТЛ песков из разреза во Фромборке, цитированные Л. Линднером. Эти результаты ошибочные из-за нелинейной зависимости ТЛ от поглощенной дозы, что не было принято во внимание в аддитивном методе, применяемом для обозначения возраста в лабораториях ТЛ в Гдыне и Люблине. Приведены экспериментальные факты свидетельствующие о нелинейности, определено влияние этого эффекта на результат датирования. Авторы подробно описывают применение для датирования воспроизводительного метода и приводят даты ТЛ трёх образцов песка из разреза во Фромборке. Эти результаты указывают на то, что пески из разреза во Фромборке осадились в ээмском межледниковьи или же в одном из более ранних интерстадиалов вистульяна. Обращено внимание на то, что при оценке значения дат ТЛ надо быть особенно осторожным. Приведенный пример разногласия результатов датирований ТЛ подтверждает необходимость приведения дат ТЛ вместе с полной их технической документацией, согласно с раншим предложением авторов (2).