

Andrzej BLUSZCZ

Instytut Fizyki
Politechnika Śląska, Gliwice

Stefan KOZARSKI

Bolesław NOWACZYK

Instytut Badań Czwartorzędu
Uniwersytet Adama Mickiewicza, Poznań

TERMOLUMINESCENCYJNE DATOWANIE VISTULIAŃSKICH POKRYW LESSOWYCH

POMORZA ZACHODNIEGO

Streszczenie. Przeprowadzono studium metodyczne dokładności datowania termoluminescencyjnego lessów występujących w trzech typach litofacjalnych, tworzących pokrywę o zróżnicowanej miąższości. Pozycja litostratygraficzna lessów pozwala ocenić ich wiek jako młodszy od stadium pomorskiego. Wyniki badań metodą TL prowadzą do wniosku, że powstanie pokryw lessowych zachodziło w dwóch fazach w okresie od 20 ka BP do 7 ka BP.

TERMOLUMINESCENCE DATING OF VISTULIAN LOESSY COVER IN WESTERN

POMERANIA

Summary. Selected sites representing three different lithological types of loess were used for methodical studies of the accuracy and reliability of the thermoluminescence dating method. Basing on lithostratigraphic criteria the studied sediments may be regarded younger than the Pomeranian Stage. Results of TL dating indicate formation of loessy cover in two stages, between 20 ka BP and 7 ka BP.

ДАТИРОВАНИЕ ТЕРМОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫМ МЕТОДОМ ВИСТУЛИАНСКИХ ЛЕССОВ

ЗАПАДНОЙ ПОМЕРАНИИ

Резюме. Авторы провели методологические исследования для проверки надежности термолюминесцентного датирования лессов на примере детально разработанных разрезов в которых выступают лессовые осадки трех литологических видов. На основе литостратиграфических данных оценивают что исследуемые осадки моложе Померанской стадии последнего оледенения. Результаты датирования термолюминесцентным методом свидетельствуют что осадконакопление лессов происходило в двух разных промежутках времени начиная с 20 тыс лет тому назад до 7 тыс лет тому назад.

WSTĘP

Na północ od pasa lessu środkowoeuropejskiego, który w Polsce jest związany z przedgórzem Sudeckim, pasem wyżyn i Podkarpaciem, występują izolowane pokrywy osadów lessowych, nazywane najczęściej "lessem piaszczystym" ("Sandloess"; Fiedler, Altermann, 1964), a ostatnio, na podstawie badań wskaźnika drobnoziarnistości (FG), uznawane wręcz za less (Siebertz, 1988). W Niemczech znane są one z licznych miejsc rozsianych po Łużycach Górnych, Dolnej Saksonii i Nadrenii (Fiedler, Altermann, 1964; Siebertz, 1988), ale także z przestrzennie ograniczonych wystąpień we wschodniej Brandenburgii i na Rugii (Dammer, 1941; Schoenhals, 1944). W Polsce nieciągłe pokrywy takich osadów występują we Wzgórzach Trzebnickich (Rokicki, 1952), na Pomorzu Zachodnim koło Cedyni (Cegła, Kozarski, 1976), gdzie podjęto ich szczegółowe badania (Kozarski, Nowaczyk, 1991 a, b), oraz na Ziemi Lubuskiej (Dammer, 1941). Warto zwrócić uwagę, że podobne osady znane są także ze środkowej Szwecji (Hjulstroem i in., 1955; Agrell, Hultman, 1971).

Wśród osadów lessowych na północ od głównego pasa lessu na baczność zasługują te, które zalegają na powierzchni w granicach ostatniego zlodowacenia i to z dwóch powodów, gdyż:

- 1) dostarczają one argumentu przeciwko poglądowi (Greeley, Iversen, 1985), że osady lessowe nie są znajdowane na obszarach przykrytych przez lądolody podczas ostatniego zlodowacenia, oraz
- 2) stanowią one dowód na lokalne powstawanie peryglacialnych osadów lessowych po fazie pomorskiej, a więc na przełomie górnego plenivistulianu i późnego vistulianu, czy już tylko w późnym vistulianie, uzupełniając sedimentologiczny zapis działalności procesów eolicznych schyłkowego plejstocenu.

Drugi powód miał dla niniejszej pracy szczególne znaczenie i zdecydował o sformułowaniu celów badawczych polegających na:

- 1) próbie oznaczenia metodą termoluminescencyjną wieku bezwzględnego najbardziej podatnych na tę metodę osadów lessowych, zalegających na

powierzchni w całkowicie czytelnej sytuacji litostratygraficznej w granicach ostatniego zlodowacenia;

2) sprawdzeniu skuteczności datowania metodą TL litofacjalnie zróżnicowanych osadów lessowych przy zastosowaniu specyficznej procedury poboru próbek;

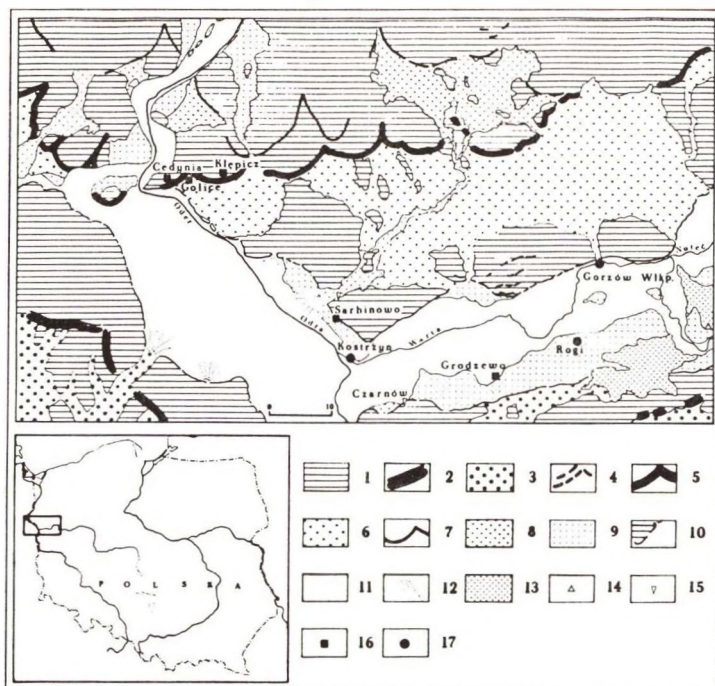
3) wariantowym podejściu do interpretacji wyników datowania metodą TL.

ROZMIESZCZENIE, ODMIANY LITOFACJALNE I WŁASNOŚCI

Osady lessowe Pomorza Zachodniego na południowy zachód od Cedyni swym występowaniem związane są ze strefą marginalną fazy pomorskiej ostatniego zlodowacenia. Pomimo zróżnicowanej ciągłości tworzą one litofacjalnie zmienną pokrywę, szeroką na 2 do 3 km i rozkładającą się między Golicami a Klepiczem (rys. 1). Ich obecność stwierdzono (Kozarski, Nowaczyk, 1991 a, b) w różnych sytuacjach geomorfologicznych: 1) w proksymalnych częściach sandrów, gdzie zalegają one w sposób ciągły na stożkach przejściowych i osiągają miąższość 0,25 do 0,75 m; 2) na zboczach i grzbietach wałów czołowomorenowych, gdzie zalegają płatami o miąższości 0,5 do 2,5 m; oraz 3) na wysoczyźnie morenowej zaplecza moren czołowych, gdzie również wykształcone są jako płaty, zalegające na zboczach wytopisk i posiadają miąższość do 3 m.

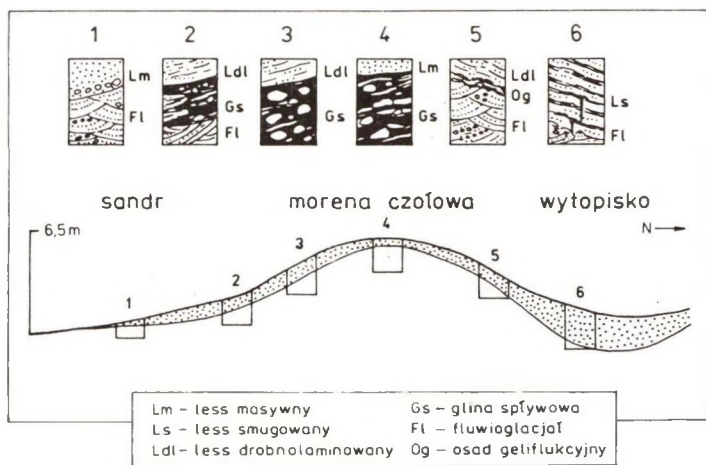
Od sytuacji geomorfologicznej pokryw osadów lessowych jest wyraźnie uzależnione ich litofacjalne wykształcenie (rys. 2). Less masywny (Lm) występuje przede wszystkim jako ciągła pokrywa na stożkach przejściowych proksymalnej części sandru, a rzadziej na grzbietach moren czołowych i powyżej górnego załomu zboczy wytopisk w strefie wysoczyznowej. Less masywny ma średnio najmniejszą miąższość około 0,3 m, lecz maksymalną do 2,1 m.

Na dystalnych zboczach wałów moren czołowych, ale czasami także na ich grzbietach i górnych częściach zboczy wytopisk, dominuje less drobnolaminowany (Ldl). Laminacja jest pozioma na płaskich grzbietach moren czołowych, a skośna na zboczach i zapadająca zgodnie z nachyleniem zbocza. Lokalnie (Klepicz 1, rys. 2) spąg pokrywy lessu drobnolaminowanego jest zaburzony przez geliflukcję. W strefie nierównego kontaktu z osadami podłoża obserwuje



Rys. 1. Lokalizacja obszaru badań na tle rzeźby regionu dolnej Odry i dolnej Warty (wg Kozarskiego, 1965). Objaśnienia: 1 - wysoczyzna morenowa, 2 - moreny czołowe fazy poznańskiej, 3 - sandry fazy poznańskiej, 4 - recesyjne moreny czołowe, 5 - moreny czołowe fazy pomorskiej, 6 - sandry fazy pomorskiej, 7 - moreny czołowe subfazy chojeńskiej, 8 - sandry subfazy chojeńskiej, 9 - górnoplenivistuliańskie i późnovistuliańskie terasy rzeczne, 10 - krawędź pradoliny, 11 - równina zalewowa, 12 - stożki napływowe, 13 - pola wydmy, 14 - skoncentrowane występowanie graniaków, 15 - wieloboki szczelin z wypełnieniem pierwotnym, 16 - 17 - miejscowości

Fig. 1. Study area with indicated geomorphology of the lower Odra and lower Warta region (after Kozarski, 1965). Explanations: 1 - morainic upland; 2 - front moraines of the Poznań Phase; 3 - sanders of the Poznań Phase; 4 - recession front moraines; 5 - front moraines of the Pomeranian Phase; 6 - sanders of the Pomeranian Phase; 7 - front moraines of the Chojny Subphase; 8 - sanders of the Chojny Subphase; 9 - river terraces of upper plenivistulian and late vistulian; 10 - edge of pradolina; 11 - floodplain; 12 - alluvial cones; 13 - dune fields; 14 - concentration of gritstones; 15 - polygons with primary filling; 16 - 17 - localities



Rys. 2. Zintegrowany przekrój poprzeczny przez strefę marginalną fazy pomorskiej koło Cedyni ukazujący litofacjalne zróżnicowanie pokryw osadów lessowych uzależnione od pozycji geomorfologicznej

Fig. 2. Integrated cross section through marginal zone of the Pomeranian Phase near Cedynia showing lithofacial differentiation of loess cover sediments depending upon geomorphological position

się struktury plikacyjne i przerosty osadu lessowego z fluwioglacjałem, łącznie z niewielkimi pakietami tego ostatniego w obrębie 30 cm warstwy spągowej pokrywy. Przejście od lessu drobnolaminowanego do lessu masywnego na kontakcie moren czołowych i stożków przejściowych jest całkowicie łagodne (Żelichów). Nie występuje także zjawisko transgredowania lessu drobnolaminowanego na less masywny.

Na zboczach wytopisk (Kłepicz) zalega less smugowany (Ls). Wyróżniają go następujące cechy makroskopowe (Issmer i in., 1990; Kozarski, Nowaczyk, 1991b): zróżnicowane co do składu mechanicznego i koloru smugi, delikatna laminacja wewnątrz smug, obecność drobnych uskoków grawitacyjnych w partiach spągowych oraz pionowe synsedymentacyjne szczeliny. Smugowanie tworzy strukturę pierwszego rzędu. Ciemne smugi składają się w przewadze z drobnych cząstek (0,05-0,02 mm = 61%), a jasne wykazują spadek ich zawartości (0,05-0,02 mm = 22%). Struktura pokrywy smugowanego lessu (Kłepicz; Kozarski, Nowaczyk, 1991b) jest zaburzona przez pionowe szczeliny kontrakcyjne, które

pojawiają się na głębokości 1,35 m, 1,53 m i 2,0 m i osiągają długość 17 do 85 cm. Szczegółowe badania składu mechanicznego (Issmer i in., 1990; Kozarski, Nowaczyk, 1991a,b) pokryw osadów lessowych dowiodły, że wysokie wartości uzyskuje w nim frakcja 0,05-0,02 mm (35,0 do 60,6%), a wartości średnie dla pojedynczych profilów wahają się od 30,0 do 50,0%. Wysoka zawartość frakcji pyłowej w analizowanych pokrywach, uznawana za jedną z miar w charakterystykach osadów lessowych (np. Pye, 1987; Maruszczak, 1990), pozwala zaliczyć je do tej grupy osadów.

Osady lessowe Pomorza Zachodniego są silnie odwapnione na głębokość 1,0 do 1,3 m. Poniżej poziomu odwapnienia pierwotna zawartość CaCO_3 osiąga do 14% w lessie masywnym, 15% w lessie drobnolaminowanym i 15,9 do 16,7% w lessie smugowanym. W lessie drobnolaminowanym sporadycznie notowano (Cegła, Kozarski, 1976) bardzo wysoką zawartość węglanu wapnia do 35%, a w lessie smugowanym kukiełki lessowe (Issmer i in., 1990).

W obecnym stanie badań własności osadów lessowych Pomorza Zachodniego (Issmer i in., 1990; Kozarski, Nowaczyk, 1991a,b) wolno przyjąć, że osady te należą do typu lessu peryglacjalnego (Maruszczak, 1990) o znacznej zmienności litofacjalnej. Less masywny należy traktować jako less *in situ*. Less drobnolaminowany przypuszczalnie, a przede wszystkim less smugowany, z punktu widzenia możliwego uzyskania własności w stadium syngenetycznym, mieści się w genetyczno-facjalnej odmianie (Maruszczak, 1990) lessów eoliczno-deluwialnych lub koluwium lessowego (Derbyshire, 1984). Istniejących nadal wątpliwości co do genezy lessu drobnolaminowanego nie będziemy tutaj rozważać.

Źródłem pyłu dla wytworzenia osadów lessowych Pomorza Zachodniego były zapewne powierzchnie sandru fazy pomorskiej oraz dna rozległych Kotlin Kostrzyńskiej i Gorzowskiej (rys. 1) we wczesnej fazie ich rozwoju. Oznacza to, że w przeciwieństwie do Dammera (1941), który w wyjaśnianiu genezy pokryw takich osadów zakładał wiatry z kierunków N i NW, przyjmujemy wiatry z kierunków SW do S (Cegła, Kozarski, 1976; Kozarski, Nowaczyk, 1991b). Poza makroprzestrzenną relacją między pokrywami osadów lessowych a formami

pokrytymi osadami luźnymi bardzo podatnymi na deflację, do poglądu takiego skłaniają dodatkowe okoliczności:

1. Obserwacje współczesnych procesów eolicznych w obszarach zlodowaconych (Kozarski, Szupryczyński, 1973; Bryant, 1982; Migała, Sobik, 1984; McKenna-Neuman, 1990) wskazują na bardzo wysoką wydajność deflacyjną powierzchni osadów fluwioglacjalnych i fluwialnych w suche dni, która jest wspomagana przez sublimację (McKenna-Neuman, 1990) podczas dni bezwietrznych przy temperaturze ujemnej (-5°C), gdy dochodzi do uwalniania cząstek oraz przygotowania ich do transportu eolicznego.

2. Badania eksperymentalne (Goossens, 1988a,b) dowiodły, że sedimentacja pyłu lessowego jest bardziej efektywna przed przeszkodą w stosunku do kierunku wiatru, niż za nią.

3. W badanym przez nas fragmencie strefy marginalnej fazy pomorskiej ciągią pokrywa osadów lessowych zalega u nasady sandru, a więc przed przeszkodą, jaką stanowiły wały moren czołowych.

POZYCJA LITOSTRATYGRAFICZNA I CHRONOSTRATYGRAFICZNA W SKALI RADIOWĘGLOWEJ

Osady lessowe wszystkich odmian litofacjalnych zalegają bezpośrednio na genetycznie zróżnicowanych (rys. 2) osadach fazy pomorskiej ostatniego zlodowacenia (Kozarski, 1965, 1978, 1981). Na południu strefy marginalnej są to serie piaszczysto-żwirowe, budujące proksymalną część sandru wykształconą jako zespół stożków przejściowych. W najwyższej części stożków, gdzie zazębiają się osady sandrowe z osadami morenowymi, obserwuje się dyskretną zmianę litofacji z lessu masywnego na less drobnolaminowany. Wyżej na zboczach wałów ablacyjnych moren czołowych (Kozarski, 1981) pokrywy lessowe zalegają bezpośrednio na tłokach gładzowych (Kozarski, 1965) i glinach spływowych budujących te wały (Kozarski, 1978). Kontakt pokryw lessowych z osadami morenowymi jest bardzo wyraźny i ma charakter sedimentacyjny. Na zapleczu moren czołowych pokrywa lessu w odmianach litofacjalnych lessu smugowanego i drobnolaminowanego zalega na gniazdowo występujących osadach fluwioglacjalnych, grubopiaszczystych i żwirowych. W badanych odsłonięciach

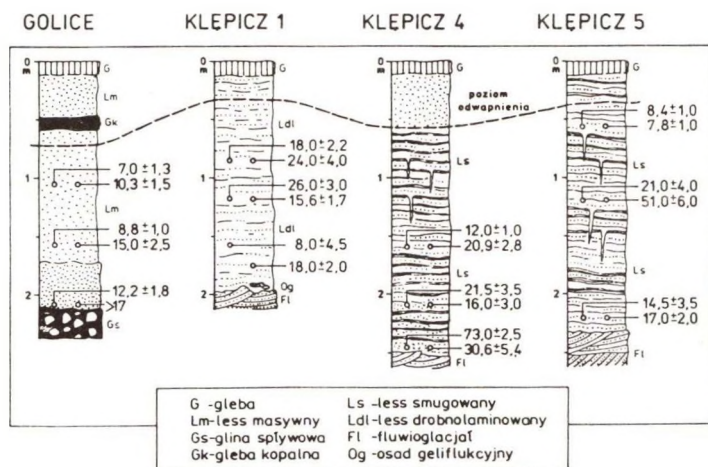
kontakt pokrywy lessowej z fluwioglacjałem jest ostry (np. Klępicz 4, 5, rys. 2) lub przenikający (Klępicz 1, rys. 2) w wypadku pojawiania się poziomu geliflukcyjnego.

Niezwykle czytelny stosunek pokryw lessowych do osadów podłoża o znanym wieku pozwala twierdzić, że są one młodsze od fazy pomorskiej ostatniego zlodowacenia i powstały po ustaniu spływu wód roztopowych na sandrze i odstąpieniu aktywnego czoła lodolodu do wałów ablacyjnych moren czołowych. Był to czas przejścia od górnego plenivistulianu do początku późnego vistulianu. Cechował się on surowymi warunkami klimatycznymi, o czym w obrębie pokryw lessowych świadczy brak szczątków fauny i flory.

Wiek moren czołowych fazy pomorskiej został oszacowany (Kozarski, 1986) w skali radiowęglowej na 15 200 lat BP (wiek konwencjonalny). Oznacza to, że wiek zalegających na nich osadów lessowych szacowany w tej skali musi być odpowiednio młodszy. Jednakże biorąc pod uwagę ostatnie wyniki datowań metodami radiowęgla i U/Th otrzymane dla raf koralowych (Bard i in., 1990), badane osady lessowe nie powinny być starsze niż około 19 000 lat.

PROCEDURA POBORU PRÓBEK

Próbki osadów lessowych do datowania TL pobrano w czterech stanowiskach (rys. 3), które były zlokalizowane w lessie masywnym (Golice), drobnolaminowanym (Klępicz 1) i smugowanym (Klępicz 4, 5). O ile nam wiadomo, po raz pierwszy w tego typu badaniach świadomie pobierano próbki do badań termoluminescencyjnych w dwóch równoległych pionach (rys. 3) z zamiarem wykorzystania wyników do kontroli skuteczności stosowanej metody pomiarów. Z wybranych poziomów lessu, poniżej granicy odwapnienia, pobierano po dwie porcje osadów z ręcznie odwierconych w ścianie odsłonięcia poziomych otworów o średnicy 7 cm. Porceje te pochodziły z głębokości 30 do 40 cm w każdym otworze i miały masę średnio 1 kg. Pakowano je do szczelnych pojemników plastikowych w warunkach zapewniających ochronę przed światłem słonecznym. Dodatkowo, w celu określenia zawartości wody w osadzie, pobierano z każdego miejsca małą ilość materiału (około 20 g) i umieszczano ją w szczelnie zamykanym pojemniku.



Rys. 3. Wybrane profile osadów lessowych poddane datowaniu termoluminescencyjnemu

Fig. 3. Selected profiles of loess sediments subjected to TL dating

Po pobraniu próbki do otworu wprowadzano sondę scyntylicyjną przenośnego miernika mocy dawki promieniowania gamma. Pomiary mocy dawki wykonano w celu upewnienia się, czy nie występują w osadzie niejednorodności rozkładu pierwiastków promieniotwórczych. Wyniki pomiarów wskazują, że less w badanych warstwach był pod tym względem bardzo jednorodny (porównaj wartości koncentracji uranu U, toru Th i potasu K w próbkach oraz wartości dawek rocznych zebrane w tabeli 1).

PRZYGOTOWANIE I PREPARATYKA WSTĘPNA PRÓBEK

Wszystkie próbki poddano jednakowej preparatyce wstępnej (Bluszcz, Pazdur, 1985), obejmującej wyznaczenie wilgotności osadu (z wykorzystaniem oddzielnie pobranej małej porcji materiału), suszenie i oddzielenie części przeznaczonej do pomiarów aktywności naturalnych izotopów promieniotwórczych U, Th i K. Z pozostałych części próbek wydzielono ziarna kwarcu o granulacji 90-100 μm . W tym celu próbki traktowano kolejno roztworami 4% HCl i 2% NaOH przez 48 godzin w temperaturze pokojowej. Próbki od czasu do czasu mieszano, kontrolując

kwasowość rotworów i w razie potrzeby uzupełniano ilość odczynnika.

Po wypłukaniu próbek wodą destylowaną i wysuszeniu, oddzielono na sitach ziarna o rozmiarach 90-100 i 100-125 μm . We wszystkich przypadkach ilość ziaren o granulacji 90-100 μm była wystarczająca do wykonania dalszych badań i tylko te ziarna poddano dalszej preparatyce, polegającej na trawieniu 40% roztworem stężonego HF przez 60 minut w temperaturze pokojowej. Otrzymano w ten sposób ziarna kwarcu, a dodatkowy efekt trawienia w HF - usunięcie zewnętrznej (o grubości kilkanastu μm) warstwy ziaren - uwzględniono w obliczeniach efektywnej mocy dawki pochłoniętej promieniowania jonizującego.

WYZNACZANIE ROCZNEJ DAWKI POCHŁONIĘTEJ

Za pomocą wielokanałowego spektrometru scyntylicyjnego rejestrowano widma promieniowania gamma wysyłanego przez izotop K-40 oraz przez izotopy promieniotwórcze z rodzin Th-232, U-235 i U-238 zawarte w materiałach próbek. Do pomiarów brano porcje o masie około 300g, wysuszone i zamknięte w pojemnikach typu Martinelli, nakładanych na kryształ scyntylicyjny sondy pomiarowej. Kształt widma był analizowany przez program komputerowy, który wyznaczał koncentracje wymienionych wyżej izotopów przy założeniu równowagi wiekowej w łańcuchach promieniotwórczych.

Na podstawie danych zawartych w pracy Aitkena (1983) wyznaczone koncentracje przeliczono na moce dawek promieniowania alfa, beta i gamma (wyrażone jako dawki roczne). Wartości rocznych dawek pochłoniętych przeliczono z kolei na efektywne moce dawek. Dla promieniowania beta posłużono się współczynnikami z pracy Mejdahla (1979), a dla promieniowania alfa danymi zaczerpniętymi z pracy Fleminga (1979).

W oddzielnych pomiarach ustalono zawartości wody w próbkach osadów i korzystając z danych Fleminga (1979), wprowadzono poprawki do wartości efektywnych rocznych dawek pochłoniętych przez ziarna kwarcu. Na końcu dodano

wartości dawek promieniowania kosmicznego, obliczone według Yokoyamy i in. (1982). Wyznaczone wartości koncentracji, wilgotności i dawek rocznych przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1

Wyniki pomiarów radioaktywności i wilgotności próbek
oraz wartości efektywnych dawek rocznych

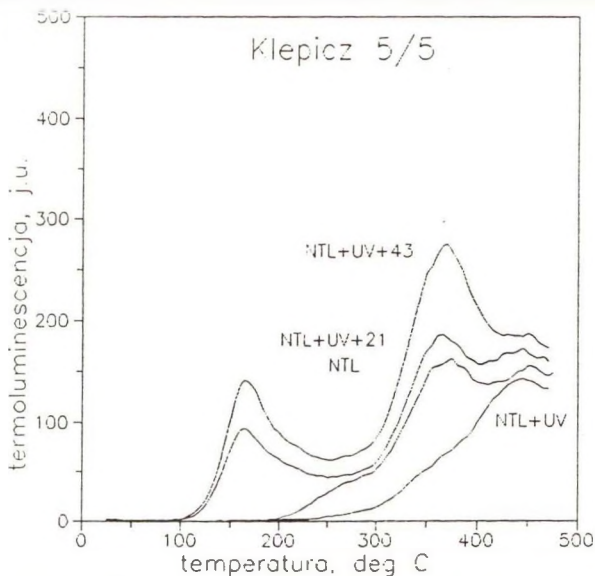
Nazwa próbki	Głębokość [cm]	Aktywności			w [%]	E. D. R. [Gy/ka]
		Th	U	K		
		[Bq/kg]				
Golice 1	210	27.4±0.4	28.3±1.1	523±5	10	2.7±0.2
Golice 2	210	26.5±0.7	19.2±1.4	540±6	8	2.8±0.2
Golice 3	160	29.5±0.5	29.4±1.2	536±5	8	2.9±0.2
Golice 4	160	26.0±0.6	25.1±1.3	524±4	6	2.9±0.2
Golice 5	110	27.2±0.7	23.3±1.3	478±5	8	2.7±0.2
Golice 6	110	33.7±0.7	24.3±1.5	476±5	13	2.7±0.2
Klępicz 1/1	155	27.4±0.5	28.3±1.1	523±5	10	2.7±0.2
Klępicz 1/2	175	26.4±0.6	24.0±1.1	475±5	8	2.6±0.2
Klępicz 1/3	115	24.7±0.6	21.9±1.1	467±5	11	2.5±0.2
Klępicz 1/4	115	24.0±0.6	28.9±1.5	475±6	8	2.6±0.2
Klępicz 1/5	85	27.8±0.8	32.3±2.0	457±8	11	2.6±0.2
Klępicz 1/6	85	26.6±0.7	23.2±1.3	493±5	12	2.6±0.2
Klępicz 4/1	255	24.0±0.7	21.7±1.3	547±5	15	2.7±0.2
Klępicz 4/2	255	27.5±0.4	25.8±1.0	549±5	13	2.7±0.2
Klępicz 4/3	210	30.3±0.7	22.9±1.3	577±5	14	2.9±0.2
Klępicz 4/4	210	41.2±1.0	35.5±2.4	586±9	17	3.1±0.2
Klępicz 4/5	155	29.6±0.6	24.8±1.1	545±5	11	2.9±0.2
Klępicz 4/6	155	33.6±0.7	26.4±1.8	509±8	11	2.7±0.2
Klępicz 5/1	225	27.5±0.5	22.9±1.1	536±4	14	2.7±0.2
Klępicz 5/2	225	28.9±0.7	26.5±1.5	559±6	13	2.9±0.2
Klępicz 5/3	145	27.1±0.6	21.6±1.1	557±5	8	2.9±0.2
Klępicz 5/4	145	27.8±0.7	25.2±1.5	552±5	7	3.0±0.3
Klępicz 5/5	60	29.0±0.6	24.5±1.1	542±5	9	2.9±0.2
Klępicz 5/6	60	30.5±0.6	30.4±1.3	539±6	7	3.0±0.2

POMIARY TERMOLUMINESCENCJI

Do pomiarów termoluminescencji (TL) użyto aparatury sterowanej przez mikrokomputer klasy IBM PC. Termoluminescencja ziaren kwarcu po przejściu przez kolorowe filtry szklane, przepuszczające światło w zakresie długości fal 300-470 nm, była rejestrowana przez fotopowielacz typu M12FVC51 firmy Carl-Zeiss. Prąd fotopowielacza, jako miara intensywności świecenia TL, był wzmacniany i mierzony cyfrowo, a wyniki przesyłane do pamięci komputera. W czasie pomiaru TL ziarna kwarcu były grzane ze stałą szybkością 10°C/s od temperatury pokojowej do około 450°C . Do wszystkich pomiarów odważano porcje ziaren o masie 5 mg. W czasie pomiarów nie zaobserwowano "fałszywej" TL i wszystkie z nich wykonano w atmosferze powietrza wypełniającej komorę pomiarową. Po każdym pomiarze TL wykonywano w tych samych warunkach pomiar intensywności promieniowania termicznego (tła). Wartości zmierzone w drugim pomiarze odejmowano od pierwszych i wyniki netto zapisywano do zbiorów dyskowych, wykorzystywanych w dalszych analizach. Na rysunkach 4 i 5 pokazano przykłady zarejestrowanych w ten sposób krzywych jarzenia termoluminescencji, typowych dla wszystkich mierzonych próbek.

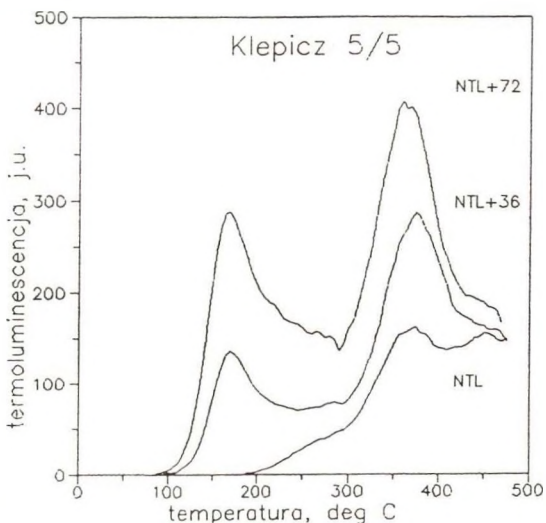
WYZNACZANIE DAWEK POCHŁONIĘTYCH

Dla wszystkich próbek wyznaczano metodą odtworzeniową równoważnik dawki pochłoniętej - zwany dawką równoważną (ED). Część ziaren kwarcu wypreparowanych z próbki była poddana działaniu światła lampy rtęciowej LRFM-125W w celu redukcji naturalnej TL, podobnie jak to odbywało się w czasie formowania się osadu. Ponieważ nie znano rzeczywistego poziomu zredukowanej w przeszłości termoluminescencji wybrano arbitralnie dwa czasy naświetlania lampą, wynoszące 180 i 360 minut. Ten drugi odpowiada około dziesięciu godzinom intensywnej insolacji. Następnie odtwarzano ich TL przez napromienianie dawkami promieniowania beta ze źródła ^{90}Sr lub gamma ze źródła ^{60}Co . Dla każdej porcji ziaren naświetlonych jedną z dawek wykonano po kilka pomiarów odtworzonej TL i do otrzymanych wyników dopasowano funkcję



Rys. 4. Odtworzeniowe krzywe jarzenia TL dla próbki Klepicz 5/5 (typowe dla wszystkich datowanych próbek). Liczby oznaczają dawki promieniowania beta w Gy. Odjęto tło promieniowania termicznego

Fig. 4. Regenerative TL glow curves obtained for sample Klepicz 5/5 (representative for all investigated samples). Numbers indicate values of additive beta doses in Gy. The background thermal radiation was subtracted



Rys. 5. Addytywne krzywe jarzenia TL dla próbki Klepicz 5/5 (typowe dla wszystkich datowanych próbek). Liczby oznaczają dawki promieniowania beta w Gy. Odjęto tło promieniowania termicznego

Fig. 5. Additive TL glow curves obtained for sample Klepicz 5/5 (representative for all investigated samples). Numbers indicate values of additive β doses in Gy. The background thermal radiation was subtracted

wykładniczą, przedstawiającą wzrost termoluminescencji w funkcji pochłoniętej dawką promieniowania:

$$TL(D) = C - B \cdot e^{-A \cdot D}, \quad (1)$$

gdzie: TL(D) - wartość termoluminescencji ziaren napromienionych dawką D; A, B, C - parametry funkcji wzrostu (różnica C - B odpowiada zredukowanej początkowej termoluminescencji, a C jej wartości maksymalnej). Reprezentatywne dla zbioru badanych próbek linie wzrostu TL przedstawiono na rys. 6 (próbka Kłęcz 5/5), rys. 9 (próbka Kłęcz 1/3) i rys. 12 (próbka Kłęcz 1/2).

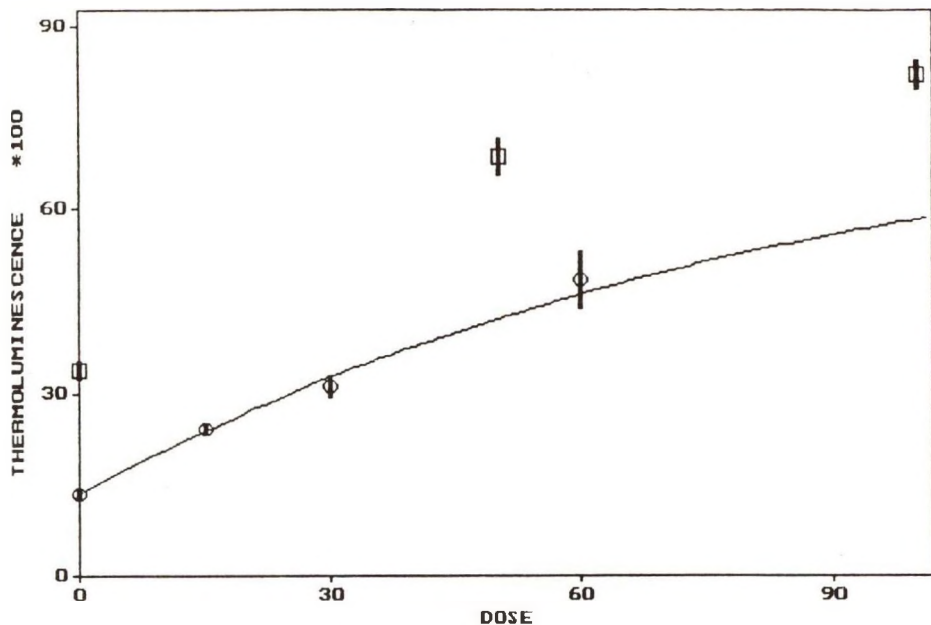
Trzy parametry A, B i C funkcji wzrostu TL dopasowano metodą najmniejszych kwadratów wykorzystując program komputerowy realizujący algorytm regresji nieliniowej. Następnie obliczono wartość ED z równania:

$$NTL = C - B \cdot e^{-A \cdot ED}, \quad (2)$$

gdzie: NTL - wartość naturalnej termoluminescencji ziaren; ED - szukana wartość dawki równoważnej; pozostałe oznaczenia jak we wzorze (1).

Obliczenia komputerowe powtarzano dla przedziałów krzywych jarzenia TL o szerokości 10° , w zakresie od 220° do 450°C . Na ich podstawie skonstruowano wykresy testów plateau dla każdego z czasów redukcji lampą laboratoryjną. Wyniki dające lepsze plateau (dłuższe i bardziej płaskie) zostały wybrane do dalszych obliczeń. Krzywe jarzenia scałkowano w obszarze plateau i obliczenia powtórzono, otrzymując końcową wartość ED reprezentatywną dla całego plateau. Przykładowe wykresy testu plateau trzech próbek, których linie wzrostu TL pokazano na rysunkach 6, 9 i 12, przedstawiono na rys. 7 i 8 (próbka Kłęcz 5/5), rys. 10 i 11 (próbka Kłęcz 1/3) i na rys. 113 i 14 (próbka Kłęcz 1/2).

Podsumowanie wyników przeprowadzonych badań własności termoluminescencyjnych zawiera tabela 2. Podkreślono czas naświetlania, dla którego otrzymano lepsze plateau, a długość obszaru plateau podano w kolumnie "Test plateau".



Rys. 6. Odtworzeniowa krzywa wzrostu TL próbki Kępicz 5/5 (w tym wypadku nie zaobserwowano zmiany czułości TL ziaren). Kółeczkami zaznaczono wyniki dla dawek odtworzeniowych, a kwadratami dla dawek addytywnych

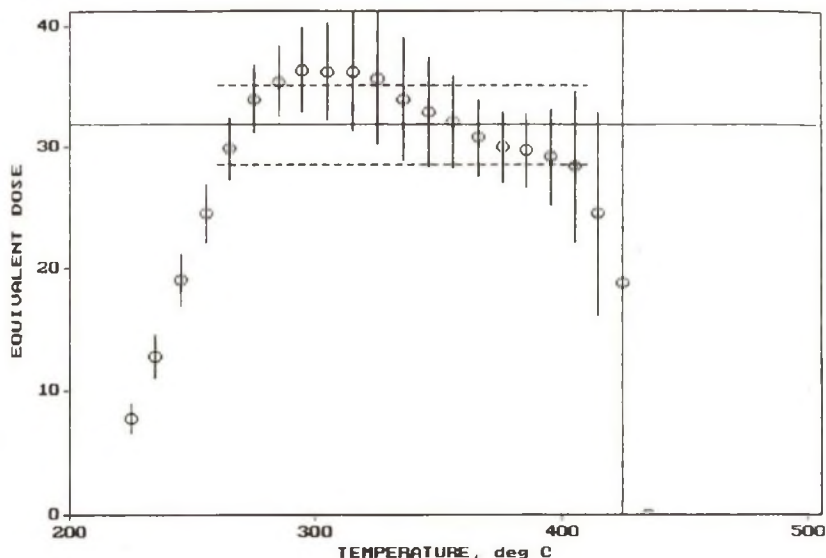
Fig. 6. The TL growth line obtained by regeneration method for sample Kępicz 5/5 (no change of TL sensitivity was observed). Circles and squares indicate results obtained by the regeneration and additive methods, respectively

INTERPRETACJA I DISKUSJA WYNIKÓW DATOWANIA

Do analizy oraz interpretacji wyników datowania osadów lessowych postanowiliśmy podejść wariantowo i ukazać dwa możliwe sposoby ich traktowania:

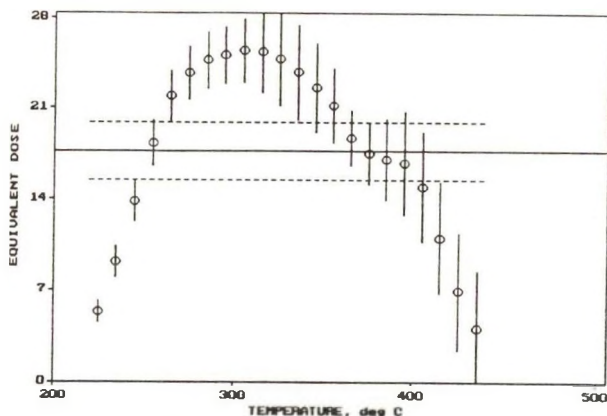
1) daty TL uznać za zbiór danych odnoszących się do osadów określonej grupy litogenetycznej jako całości (tabela 2), nadających się do statystycznej obróbki przy zastosowaniu pewnych rygorów, polegających na:

- a) odrzuceniu daty, która nie ma skończonej postaci (tabela 2, próbka Golice 2);



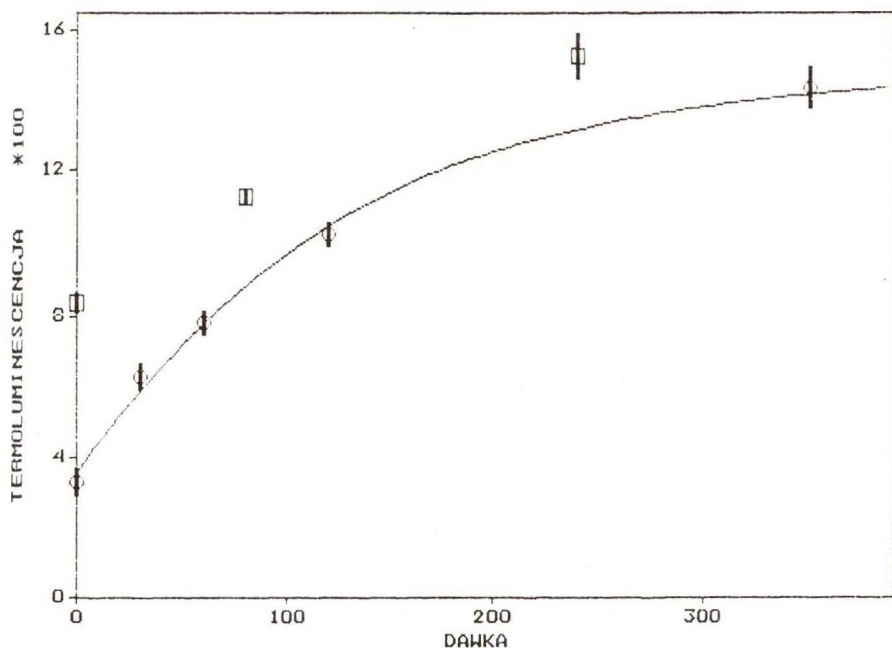
Rys. 7. Wyniki testu plateau próbki Kłepicz 5/5 dla czasu naswietlania 360 minut. Poziomymi liniami zaznaczono wartość $ED \pm 1\sigma$ dla obszaru plateau

Fig. 7. Results of plateau test for sample Kłepicz 5/5 for bleaching time 360 min. Horizontal lines indicate values $ED \pm 1\sigma$ in the plateau range



Rys. 8. Wyniki testu plateau próbki Kłepicz 5/5 dla czasu naswietlania 180 minut - przykład gorszego plateau. Poziomymi liniami zaznaczono wartość $ED \pm 1\sigma$ dla całego obszaru obliczeń

Fig. 8. Results of plateau test for sample Kłepicz 5/5 for bleaching time 180 min. - an example of bad plateau. Horizontal lines indicate values $ED \pm 1\sigma$ in the whole range of calculations



Rys. 9. Odtworzeniowa krzywa wzrostu TL próbki Kłepicz 1/3 (nie zaobserwowano zmiany czułości). Kółeczkami zaznaczono wyniki dla dawek odtworzeniowych, a kwadratami dla dawek addytywnych

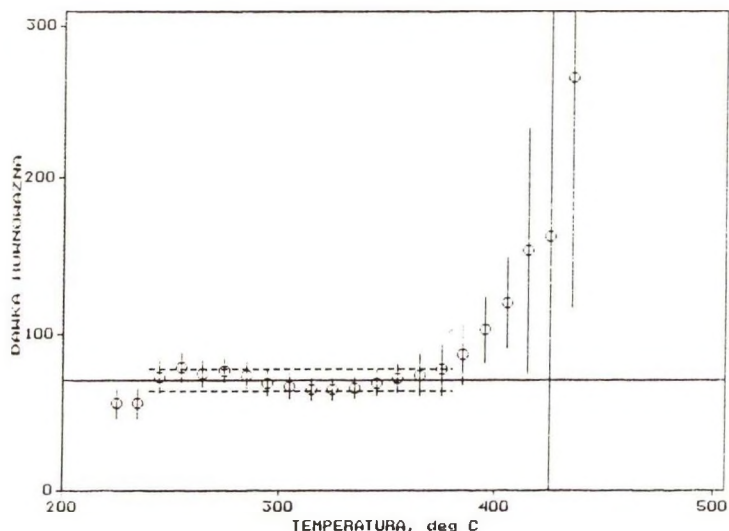
Fig. 9. The TL growth line obtained by regeneration method for sample Kłepicz 1/3 (no change of TL sensitivity was observed). Circles and squares indicate results obtained by the regeneration and additive methods, respectively

b) odrzuceniu dat, które rażąco odbiegają wartością od zbioru (tabela 2, próbki Kłepicz 4/1, Kłepicz 5/4) i pochodzą bądź to ze spągu pokrywy lessu smugowanego zawierającej domieszkę osadów podłoża, bądź też ze środkowej części pokrywy zanieczyszczonej drobnymi laminami piaszczystymi; do obróbki statystycznej pozostał zatem zbiór liczący 21 dat (rys. 15);

2) daty TL analizować oraz interpretować według stanowisk (rys. 3) w naturalnych sekwencjach i relatywizować je na litofacjalne odmiany osadów lessowych; w tym podejściu zastosowano tylko jeden rygor polegający na odrzuceniu daty o nieskończonej postaci (tabela 2, próbka Golice 2).

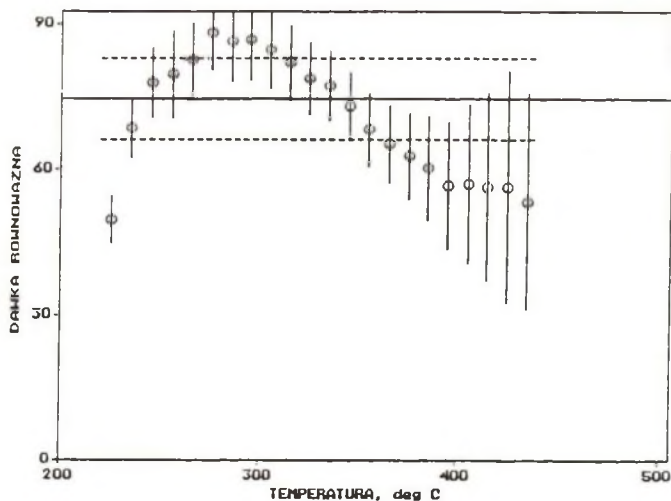
Wyniki pierwszego podejścia są zilustrowane graficznie na rys. 15 i 16.

Daty z uwzględnionym błędem standardowym rozmieszczono według ich wartości w układzie współrzędnych prostokątnych (rys. 15, górny wykres). Ponieważ



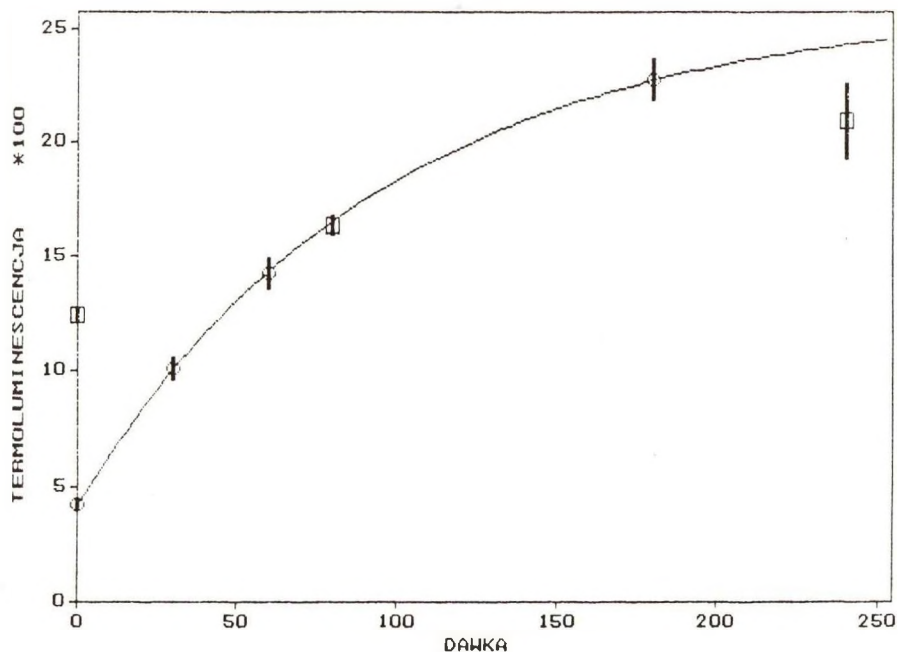
Rys. 10. Wyniki testu plateau próbki Klępicz 1/3 dla czasu naświetlania 180 minut. Poziomymi liniami zaznaczono wartość $ED \pm 1\sigma$ dla obszaru plateau

Fig. 10. Results of plateau test for sample Klępicz 1/3 for bleaching time 180 min. Horizontal lines indicate values $ED \pm 1\sigma$ in the plateau range



Rys. 11. Wyniki testu plateau próbki Klępicz 1/3 dla czasu naświetlania 360 minut - gorsze plateau. Poziomymi liniami zaznaczono wartość $ED \pm 1\sigma$ dla całego obszaru obliczeń

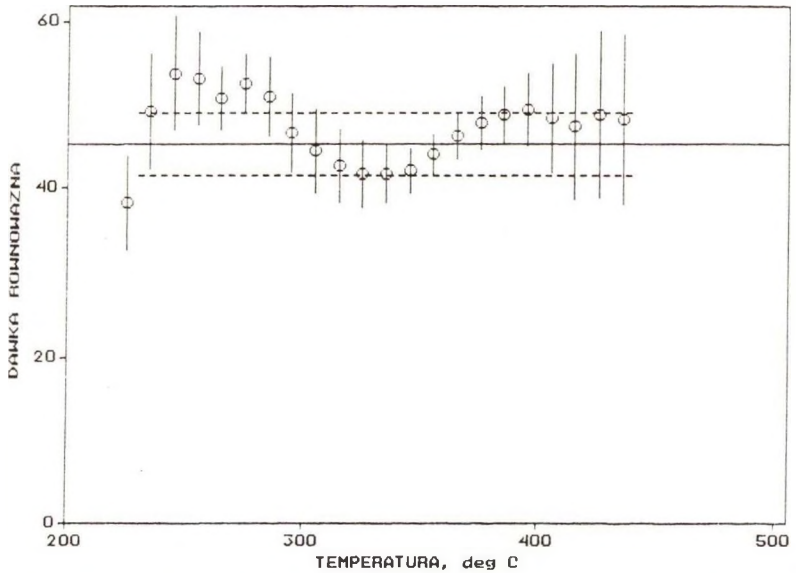
Fig. 11. Results of plateau test for sample Klępicz 1/3 for bleaching time 360 min. - bad plateau. Horizontal lines indicate values $ED \pm 1\sigma$ in the whole range of calculations



Rys. 12. Odtworzeniowa krzywa wzrostu TL próbki Kłęcz 1/2 (w tym wypadku zaobserwowano zmianę czułości TL ziaren). Kółeczkami zaznaczono wyniki dla dawek odtworzeniowych, a kwadratami dla dawek addytywnych

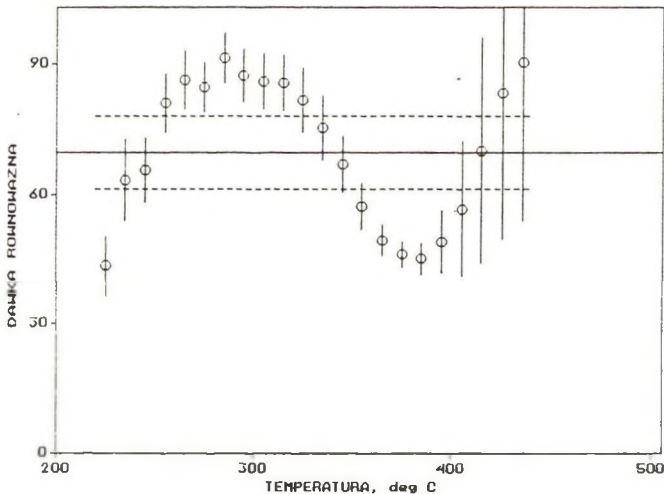
Fig. 12. The TL growth line obtained by regeneration method for sample Kłęcz 1/2 (a change of TL sensitivity was observed). Circles and squares indicate results obtained by the regeneration and additive methods, respectively

zauważono grupowanie się części dat wokół wartości 8 i 17 tysięcy lat spróbowano z każdą datą związać rozkład prawdopodobieństwa prawdziwego wieku próbki, który jest rozkładem normalnym o średniej równej dacie, a dyspersji odpowiadającej błędowi standardowemu. Sumaryczny (znormalizowany) rozkład prawdopodobieństwa prawdziwego wieku dla 21 próbek (rys. 15, dolny wykres) można uznać za odwzorowanie względnej intensywności tworzenia się pokrywy osadów lessowych. Interpretując w taki sposób krzywą można by także przyjąć, że okres powstania pokrywy przypada na przedział 20 do 7 tysięcy lat BP z dwoma głównymi fazami akumulacji, starszą około 17 tysięcy lat i młodszą, silniej zaznaczoną, około 8 tysięcy lat BP.



Rys. 13. Wyniki testu plateau próbki Kłepicz 1/2 dla czasu naświetlania 360 minut. Poziomymi liniami zaznaczono wartość $ED \pm 1\sigma$ dla obszaru plateau

Fig. 13. Results of plateau test for sample Kłepicz 1/2 for bleaching time 360 min. Horizontal lines indicate values $ED \pm 1\sigma$ in the plateau range



Rys. 14. Wyniki testu plateau próbki Kłepicz 1/2 dla czasu naświetlania 180 minut - gorsze plateau. Poziomymi liniami zaznaczono wartość $ED \pm 1\sigma$ dla całego obszaru obliczeń

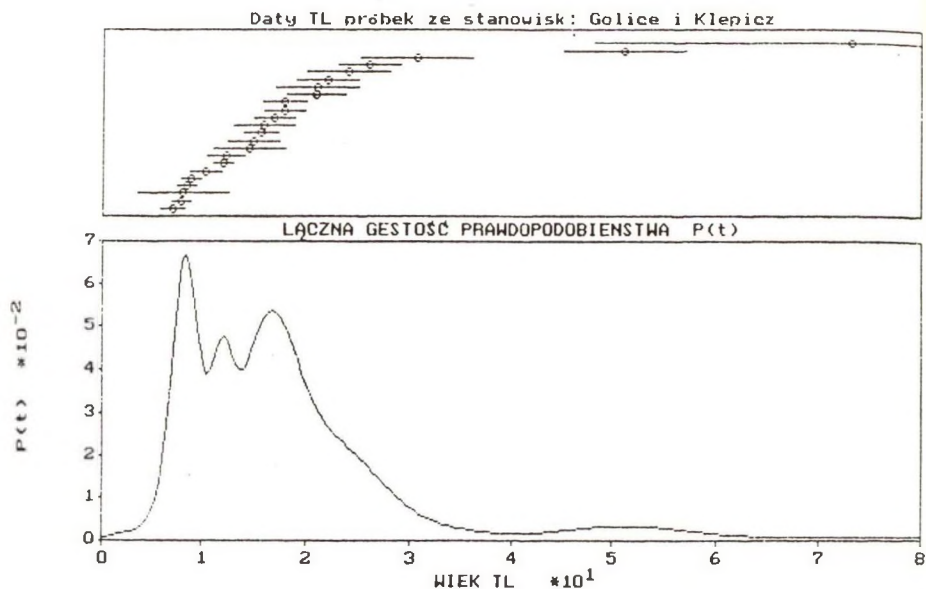
Fig. 14. Results of plateau test for sample Kłepicz 1/2 for bleaching time 180 min. - bad plateau. Horizontal lines indicate values $ED \pm 1\sigma$ in the whole range of calculations

Tabela 2

Wyniki pomiarów TL i wartości wieku próbek

Nazwa próbki	Czas wybielania		Test plateau	ED	Wiek TL
	[min]	[min]	(zakres) [°C]	[Gy]	[ka BP]
Golice 1	<u>180</u>	360	240-390	33 ± 5	12.2±1.8
Golice 2	180	<u>360</u>	250-450	> 49	> 17
Golice 3	180	<u>360</u>	300-340	25 ± 3	8.8±1.0
Golice 4	180	<u>360</u>	270-410	44 ± 6	15.0±2.5
Golice 5	<u>180</u>	360	260-400	19 ± 3	7.0±1.3
Golice 6	<u>180</u>	360	260-380	28 ± 3	10.3±1.5
Klępicz 1/1	180	<u>360</u>	280-330	22 ± 12	8.0±4.5
Klępicz 1/2	180	<u>360</u>	220-300	46 ± 4	18 ± 2
Klępicz 1/3	<u>180</u>	360	250-360	65 ± 6	26 ± 3
Klępicz 1/4	<u>180</u>	360	290-330	40 ± 4	15.6±1.7
Klępicz 1/5	180	<u>360</u>	300-360	47 ± 5	18.0±2.2
Klępicz 1/6	<u>180</u>	360	260-350	62 ± 8	24 ± 4
Klępicz 4/1	180	<u>360</u>	320-370	194 ± 65	73 ± 25
Klępicz 4/2	<u>180</u>	360	220-420	81 ± 14	30.6±5.4
Klępicz 4/3	180	<u>360</u>	280-370	61 ± 8	22 ± 3
Klępicz 4/4	<u>180</u>		260-380	49 ± 8	16 ± 3
Klępicz 4/5	<u>180</u>	360	250-330	34 ± 2	12.0±1.0
Klępicz 4/6	<u>180</u>	360	240-350	57 ± 7	20.9±2.8
Klępicz 5/1	180	<u>360</u>	250-350	39 ± 7	14.5±3.5
Klępicz 5/2	180	<u>360</u>	260-400	48 ± 3	17.0±2.0
Klępicz 5/3	180	<u>360</u>	240-380	62 ± 10	21 ± 4
Klępicz 5/4	180	<u>1300</u>	310-450	153 ± 11	51 ± 6
Klępicz 5/5	180	<u>360</u>	260-410	24 ± 3	8.4±1.0
Klępicz 5/6	180	<u>360</u>	260-400	23 ± 3	7.8±1.0

Czas wybielania - czas redukcji naturalnej termoluminescencji światłem lampy laboratoryjnej (podkreślono czas, dla którego otrzymano lepsze plateau).



Rys. 15. Wyniki datowań metodą TL (jak w tabeli 2, z wyłączeniem daty próbki Golice 2). Górna część: zestawienie dat TL wraz z zaznaczonymi błędami pomiaru ($\pm 1\sigma$). Dolna część: sumaryczna gęstość prawdopodobieństwa wieku TL osadów znormalizowana do jedności

Fig. 15. Results of TL dating (same data as in table 2; infinite date of sample Golice 2 was omitted). Upper part: plot of individual TL dates with $\pm 1\sigma$ errors. Lower part: normalized composite probability plot of TL dates

Zastosowany w pierwszym podejściu formalizm, nacechowany pewną elegancją, przynosi w interpretacji propozycję podziału czasu powstania pokrywy osadów lessowych, który dla pierwszej fazy, po uwzględnieniu ostatnich wyników datowań metodami radiowęglą i U/Th otrzymanych dla raf koralowych (Bard i in., 1990), jest do zaakceptowania. Natomiast dla fazy drugiej jest trudny do przyjęcia. Można zatem powiedzieć, że formalizm ten prowadzi do zbyt daleko posuniętych uogólnień wymagających weryfikacji. Służyć jej może drugie z uprzednio wymienionych podejść wariantowych.

Analiza dat TL według stanowisk w naturalnych sekwencjach ukazuje następujące charakterystyczne zjawiska: a) w równoległych pionach daty dla

próbek osadów z tych samych poziomów są różne; skrajnie przy odrzuceniu próbek zanieczyszczonych starszym materiałem, różnią się o 10,4 tys. lat, a średnio o 5,8 tys. lat, przekraczając średni błąd standardowy o 165%; b) w czterech pionach na osiem występują zakłócenia sekwencji dat, które dotyczą lessu drobnolaminowanego (Ld1) oraz smugowanego (Ls): c) prawidłowa sekwencja dat występuje w lessie masywnym (Lm). Gdyby w lessie masywnym, a więc osadzie niewątpliwie na pierwszym złożu, obok prawidłowej sekwencji dat pojawiła się zgodność dat z tych samych poziomów, można by mówić o zadowalającym wyniku, tym bardziej że daty z pobliza spągu mieszczą się w przedziale, który na podstawie kryteriów lito- i morfostratygraficznych odpowiada przejściu od górnego plenivistulianu do późnego vistulianu. Jednakże zgodności takiej nie ma. Stąd z geologicznego punktu widzenia wiarygodność datowania metodą TL jest obniżona.

Dla wszystkich pobranych próbek otrzymano daty TL i tylko w jednym przypadku nie otrzymano rezultatu w postaci skończonej. Wartości wieku próbek i ich błędów zebrano w tabeli 2. Większość dat (16) zgadza się z vistuliańską genezą badanych osadów. Osiem dat jest starszych niż 20 tys. lat i fakt ich wystąpienia wymaga komentarza. Wszystkie te daty otrzymano dla osadów lessu warstwowanego, a zwłaszcza wstęgowego. Można się w tych przypadkach spodziewać, że do osadów vistuliańskich dostał się materiał starszy (środkowopolski) który nie zwietrzał i zawarte w nim ziarna mineralne nie miały kontaktu ze światłem słonecznym. Wartości wieku wyznaczone metodą TL są w takich wypadkach w oczywisty sposób zawyżone. Warto także zauważyć, że ponieważ do pobranej próbki mogły trafić w różnej proporcji ziarna wybielone na słońcu i niewybielone, wyniki pomiarów TL poszczególnych pięciomiligramowych porcji ziaren kwarcu powinny charakteryzować się większym rozrzutem niż w przypadku takich porcji pochodzących z próbek, których materiał był wystawiony w całości na światło w czasie depozycji.

W celu ułatwienia interpretacji wszystkich otrzymanych wyników przedstawiono je na dwóch syntetycznych wykresach na rysunku 15. Na pierwszym

zaznaczono daty i ich błędy nad osią liczbową wieku TL. Na drugim wykreślono łączny rozkład gęstości prawdopodobieństwa wieku próbek datowanych metodą TL. Można go interpretować jako miarę względnej intensywności tworzenia się pokryw lessowych na tym terenie.

WNIOSKI

Osady lessowe Pomorza Zachodniego według danych lito- i morfostratygraficznych powstały w okresie przejściowym od górnego plenivistulianu do późnego vistulianu (Kozarski, Nowaczyk, 1991b). Tak młode osady lessowe wydatowano ostatnio także metodą TL w Europie środkowej (Juvign, Wintle, 1988). Próba termoluminescencyjnego datowania litofacjalnie zróżnicowanych osadów okolic Cedyni nie przyniosła jednoznacznych wyników. Formalnie rzecz biorąc, wynik statystyki dat jest częściowo akceptowalny, jednakże geologiczna weryfikacja dat nakazuje wielką ostrożność w posługiwaniu się nimi dla celów chronostratygraficznych.

Przeprowadzony eksperyment z paralelnym poborem próbek osadów do datowania TL jest wielce pouczający i zasługuje na szersze stosowanie w celu kontroli wiarygodności uzyskiwanych dat. Dowiódł on, iż nawet tak bardzo podatne na datowanie młode osady eoliczne mogą dostarczyć znacznych trudności interpretacyjnych przy najwyższej staranności poboru próbek i zachowaniu wszelkich rygorów laboratoryjnych.

PODZIĘKOWANIA

Praca niniejsza była finansowana przez Uniwersytet im. Adama Mickiewicza, Fundację Radiowęglową w Gliwicach oraz Komitet Badań Naukowych w ramach projektu badawczego PB 6 0318 91 01, za co wszystkim instytucjom wyrażamy wdzięczność.

Autorzy składają także podziękowania Panu Prof. dr hab. S. Alexandrowiczowi z Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie za przeglądnięcie próbek osadów lessowych w celu ewentualnego oznaczenia szczątków skorup mięczaków, Panu Dr. L. Kasprzakowi (UAM) za wykonanie czystorysów rys. 2 i 3, a Pani B. Gruszeckiej za pomoc w przygotowaniu maszynopisu.

LITERATURA

- Aitken M. J., 1983, Radioactivity data using SI units; PACT, Nr 9, s. 65-71.
- Agrell H., Hultman R., 1971, Deposits of wind-blown silt in the north-eastern part of the Southern Swedish uplands; Geologiska Ffhandligar, t. 93, s. 231-235.
- Bard E., Hamelin B., Fairbanks R. G., Zindler A., 1990, Calibration of the ^{14}C timescale over the past 30,000 years using mass spectrometric U-Th ages from Barbados corals. *Nature*, t. 345, s. 405-410.
- Bluszcz A., Pazdur M. F., 1985, Comparison of TL and C-14 dates of young eolian sediments - a check of the zeroing assumption; *Nucl. Tracks*, t. 10, s. 703-710.
- Bryant J. D., 1982, Loess deposits in Lower Adventdalen, Spitsbergen; *Polar Research*, t. 2, s. 93-103.
- Cegła J., Kozarski S., 1976, Ossady lessopodobne na morenach czołowych stadium pomorskiego fazy zasięgu maksymalnego lobu Odry; *Spraw. PTPN*, nr 91 za 1973 r., s. 38-40.
- Dammer B., 1941, Uber Flottsanda in der oestlichen Mark Brandenburg; *J. Reichst. Bodenforsch.*, t. 61, s. 186-197.
- Derbyshire E., 1984, Granulometry and fabric of the loess at Jiuzhoutai, Lanzhou, People's Republic of China; [w:] Pecsí M. (Ed.) *Lithology and stratigraphy of loess and Paleosols*. Geogr. Res. Inst. Hungarian Acad. Sci. Budapest, s. 95-103.
- Fiedler H. J., Altermann M., 1964, Vorbereitung, Entstehung und Eigenschaften von Sandloess ("Flottsand") im Norddeutschen Flachland und angrenzenden Gebieten; *Geologie*, t. 13(10), s. 1199-1228.
- Fleming S. J., 1979, *Thermoluminescence Techniques in Archaeology*. Clarendon Press, Oxford.
- Goossens D., 1988a, Sedimentation characteristics of natural dust in the wake of symmetrical hills; *Zeitschrift f. Geomorphologie*, t. 32, s. 499-502.
- Goossens D., 1988b, The effect of a surface curvature on the deposition of loess: a physical model; *Catena*, t. 15, s. 179-194.
- Greeley R., Iversen J. D., 1985, *Wind as a geological process on Earth, Mars, Venus and Titan*. Cambridge University Press.
- Hjulstroem F., Sundborg A., Falk A., 1955, Problems concerning the deposits of windblown silt in Sweden; *Geografiska Annaler*, t. 37, s. 86-117.
- Issmer K., Kozarski S., Nowaczyk B., 1970, Late Vistulian loess on Pommeranian landforms and deposits; [w:] Kozarski S., Nowaczyk B. (Eds): *International Symposium: Late Vistulian and Holocene Aeolian Phenomena in Central and Northern Europe (14-18 May, 1970. Poland)*, Guide-Book of Excursions, s. 7-10.
- Kozarski S., 1965, Zagadnienie drogi odpływu wód pradolinnych z zachodniej części pradoliny Noteci-Warty; *Poznańskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk*, *Prace Komisji Geograficzno-Geologicznej*, t. 5, s. 1-98.

- Kozarski S., 1978, Lithologie und genese der Endmoraenen im Gebiet der skandinavischen Vereisungen; Schriftenreihe f. Geologische Wissenschaften, Nr 9, Akademie-Verlag Berlin, s. 179-200.
- Kozarski S., 1981, Ablation end maraines in Western Pomerania, NW Poland; Geografiska Annaler, t. 63A, s. 169-174.
- Kozarski S., 1986, Skale czasu a rytm zdarzeń geomorfologicznych vistulianu na Niżu Polskim; Czasopismo Geograficzne, t. 57, s. 247-270.
- Kozarski S., Nowaczyk B., 1991a, The Late Quaternary Climate and Human Impact on Aeolian Processes in Poland; Zeitschrift f. Geomorphologie N. F. Suppl., t. 83, s. 29-37.
- Kozarski S., Nowaczyk B., 1991b, Lithofacies variation and chronostratigraphy of Late Vistulian and Holocene aeolian phenomena in northwestern Poland; Zeitschrift f. Geomorphologie N. F. Suppl., t. 83, s. 107-122.
- Kozarski S., Szupryczyński J., 1973, Glacial forms and deposits in the Sidujkhull deglaciation area; Geographia Polonica, t. 17, s. 255-310.
- Maruszczak H., 1990, Zróżnicowanie strefowe lessów na półkuli wschodniej; Przegląd Geologiczny, t. 62, Nr 1-2, s. 51-74.
- McKenna-Neuman Ch., 1990, Role of sublimation in particle supply for aeolian transport in cold environments; Geografiska Annaler, t. 72A, s. 329-335.
- Mejdahl V., 1979, Thermoluminescence dating: beta-dose attenuation in quartz grains; Archaeometry, t. 21, s. 61-72.
- Migała K., Sobik M., 1984, Deflation and nival eolian phenomena observed under conditions of congelation in the forefield of the Werenskiöld Glacier (SW Spitsbergen); Zeitschrift f. Gletscherkunde u. Glazialgeologie, t. 20, s. 197-206.
- Pye K., 1987, Aeolian Dust and Dust deposits. Academic Press, London.
- Rokicki J., 1952, lessy i utwory pyłowe Wzgórz Trzebnickich; Z Badań Czwartorzędu w Polsce, 1, Biuletyn PIG nr 65, s. 479-503.
- Schonhals E., 1944, Jungglazialer Loess auf Ruegen; Ber. Reichsamt. Bodenforsch., t. 1/4, s. 45-49.
- Siebertz H., 1988, Die Beziehung der eolischen Decksedimente in Nordwestduetschland zur nordlichen Loessgrenze; Eiszeitalter u. Gegenwart, t. 38, s. 106-114.
- Yokoyama Y., Nguyen H.-V., Quaeqebur J.-P., Poupeau G., 1982, Some problems encountered in the evaluation of annual dose-rate in the electron spin resonance dating of fossil bones; PACT, t. 6, s. 105-115.

Wpłynęło do redakcji: 15 października 1992

Recenzent: Prof. dr hab. S. W. Alexandrowicz

Abstract

This paper is of a methodological character and presents results of thermoluminescence dating of loess deposits in Western Pomerania. These deposits occur in the form of loessy cover of diversified continuity, covering the proximal parts of sandres, fragments of terminal moraines, and uplands at the hinterland of these moraines in the range of the Pomeranian phase of the last glaciation. Dated deposits occur in three lithofacial forms depending clearly on local geomorphology: massive loess, laminated loess and striped loess. The lithostratigraphic position of these loesses undoubtedly indicates their age younger than the Pomeranian phase and their origin in cold, periglacial environment of the Upper/Late Vistulian. Deflation, transportation and sedimentation of loessy dust took place locally under the influence of southwest to south winds, probably. There were four localities of loess deposits, representing three lithofacial varieties, chosen for the purpose of the reported studies. The TL dating programme was based on the regeneration method applied to 100 μ m quartz grains. The results obtained, with some reservations, allow to distinguish statistically two phases of loess accumulation in the time span from 20 ka to 7 ka BP. However, the detailed analysis of results of the dating programme of loess samples from the chosen localities strongly prompts to caution when interpreting their TL ages.