

---

ANNALS  
UNIVERSITATIS MARIAE CURIE-SKŁODOWSKA  
LUBLIN – POLONIA

VOL. LXVI, 1

SECTIO B

2011

---

Uniwersytet Gdański, Instytut Geografii, Katedra Geomorfologii i Geologii Czwartorzędu  
80-952 Gdańsk, ul. Bażyńskiego 4, geosf@univ.gda.pl

STANISŁAW FEDOROWICZ

*Metodyczne badania w luminescencyjnym  
datowaniu osadów czwartorzędowych*

---

Methodical studies in Quaternary deposit luminescence dating

Słowa kluczowe: datowanie luminescencyjne (TL, OSL, TT-OSL), less, wydmy, osady pochodzenia wodnego

Key words: luminescence (TL, OSL, TT-OSL) dating, loess, dune, aquatic sediments

PODSTAWY FIZYCZNE METODY LUMINESCENCYJNEJ

Osady datowane metodami luminescencyjnymi muszą spełniać następujące założenia:

1. Luminescencja ziaren badanego osadu została w czasie ostatniej ekspozycji na promieniowanie słoneczne zredukowana do tego samego poziomu, który udało się osiągnąć w pracach laboratoryjnych.

2. Koncentracja izotopów promieniotwórczych była stała od momentu utworzenia warstwy do czasu pomiaru laboratoryjnego.

3. Wilgotność osadu w złożu była stała i równa wilgotności zmierzonej przed badaniami laboratoryjnymi.

W skorupie ziemskiej występują izotopy promieniotwórcze, których okres połowicznego rozpadu jest porównywalny z czasem istnienia Ziemi. Są wśród nich izotopy promieniotwórcze: uranu ( $^{238}\text{U}$  i  $^{235}\text{U}$ ), toru ( $^{232}\text{Th}$ ), a także potasu ( $^{40}\text{K}$ ). Promieniowanie, którego źródłem są wymienione izotopy, niesie energię pochłanianą przez wszystkie substancje występujące w środowisku. Wartość pochłoniętej energii możemy zmierzyć; jej miarą jest wielkość nazywana dawką pochłoniętą

promieniowania. Wielkość dawki pochłoniętej przez ziarna minerałów wyznacza się laboratoryjnie, przez porównanie naturalnej luminescencji ziaren wypreparowanych z osadu z luminescencją wywołaną pochłonięciem w warunkach laboratoryjnych znanej dawki promieniowania. Wywołuje ona w ziarnach luminescencję równą luminescencji naturalnej. Dawkę pochłoniętą określa się laboratoryjnie, wyznaczając tzw. dawkę równoważną (ED). Efektywna dawka roczna ( $D_r$ ) jest sumą składników: dawek promieniowania alfa, beta, gamma oraz dawki promieniowania kosmicznego. Otrzymuje się ją z przeliczenia spektrometrycznych pomiarów uranu, toru i potasu w próbce. Wartości dawek rocznych dla poszczególnych rodzajów promieniowania są obliczane z wykorzystaniem współczynników przeliczeniowych przy uwzględnieniu wilgotności względnej próbki i rodzaju promieniowania, szerokości geograficznej miejsca poboru próbki, głębokości jej zalegania oraz średniej gęstości nadkładu (Bluszcz 2000; Fedorowicz 2006). Wiek określony metodami luminescencyjnymi jest ilorzem wartości dawki równoważnej i efektywnej dawki rocznej. Metody luminescencyjne, wykorzystywane w datowaniach, różnią się sposobami wzbudzenia do świecenia. Może to być wysoka temperatura (termoluminescencja – TL) albo naświetlanie światłem o określonej długości fali (optycznie stymulowana luminescencja – OSL). Energia wyzwolona w wyniku podgrzania czy naświetlenia jest proporcjonalna do zmagazynowanej w ziarnach energii w przeszłości. Krzywe jarzenia TL (ryc. 1) i wyświecania OSL (ryc. 2) umożliwiają określenie dawki pochłoniętej. Dawkę roczną wyznacza się spektrometrycznie dla obu metod. Najnowsze spektrometry półprzewodnikowe używane w pomiarach dawek rocznych cechuje niepewność rzędu 3%.

#### SPOSOBY I MOŻLIWOŚCI OKREŚLENIA WIEKU METODAMI LUMINESCENCYJNYMI

Początki datowań osadów czwartorzędowych metodami luminescencyjnymi sięgają roku 1965. Wtedy opublikowano pierwsze daty wykonane metodą termoluminescencyjną – TL (Shelkopyas & Morozov 1965). Początkowo datowano niemal każdy materiał geologiczny. W 1985 roku Huntley, Godfrey i Thewalt zaproponowali nową metodę – OSL (Huntley i in. 1985). Ziarna mineralne stymulowano światłem o dobrze określonej długości fali (o określonej barwie). Stąd powstała technika stymulacji światłem o barwie zielonej – GSL, o barwie niebieskiej – BSL i o barwie podczerwonej – IRSL. Stymulacja światłem widzialnym (niebieskim lub zielonym) jest nieselektywna. Ziarna kwarcu można stymulować światłem zielonym, rejestrowanym w zakresie niebieskofioletowej części widma światła widzialnego. Światło zielone z emisją w bliskim nadfiolecie stymuluje również ziarna skaleni. Skalenie potasowe mogą być stymulowane promieniowaniem bliskim podczerwieni (Bluszcz 2000). Później zastosowano technikę określaną jako post-IR OSL, w której porcja ziaren polimineralnych jest oświetlana światłem podczerwonym, co powoduje selektywną

stymulację skalenia, aż do ich wybielenia. Wówczas skalenie nie dają już luminescencji i można rejestrować tylko luminescencję kwarcu. Metody OSL poprawiały zdecydowanie precyzję wyznaczenia dawki pochłoniętej.

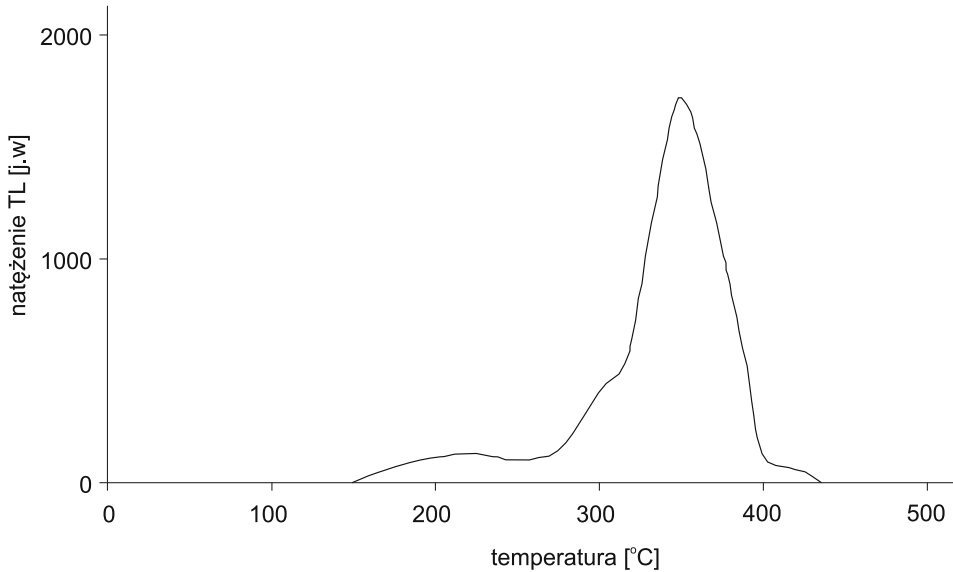
Metody OSL wyraźnie zdominowały metody TL. Krótka ekspozycja ziaren na światło słoneczne nie zeruje sygnału TL. Ten fakt może powodować niespełnienie pierwszego założenia metody. Sygnał OSL jest bardzo wrażliwy na światło. Nawet krótki – sekundowy – kontakt ziaren ze światłem powoduje istotną redukcję nagromadzonej w nich energii (Bluszcz 2000). Ponadto nowe techniki badawcze stosowane w datowaniu OSL – technika pojedynczych porcji i pojedynczych ziaren – są w stanie wykryć niedostateczne wybielenie ziaren. Takiej kontroli nie zapewnia metoda TL. Fakt ten powoduje, iż metoda TL jest obciążona większym błędem, często trudnym do oszacowania. W efekcie daty TL są z reguły starsze niż daty OSL.

Koniec XX wieku przyniósł kolejny przełom. Zaniechano pracy z osadem, który nie spełniał założeń i podstaw fizycznych metody (Bluszcz 2000; Fedorowicz 2006). Przeszto datować gliny. Teoretycznie rozważania Mejdahla (1986) co do zakresu stosowalności metod luminescencyjnych (dla kwarcu do około 400 ka, dla skalenia zaś do 3 Ma) najpierw potwierdził Berger (1994). Był on zdania, że ekstremalną wartością wieku TL jest milion lat. Dalsze badania nie potwierdzały jednak tak szerokiego zakresu stosowalności dat luminescencyjnych. Bluszcz (2000) i Fedorowicz (2006) swe datowania ograniczali do 250–300 ka. Aitken (1998) za górną granicę datowań OSL uznał 100 tysięcy lat. Na przełomie wieku Bluszcz (2000) dokonał oceny przydatności osadu geologicznego do datowania luminescencyjnego. Ocenę bardzo dobrą przyznał osadom eolicznym (lessy, piaski wydmowe), dobrą zaś piaskom plażowym i fluwialnym. Piaski fluwioglacjalne otrzymały ocenę dostateczną, a gliny zwałowe i osady osuwiskowe uznał za nieprzydatne. Ta klasyfikacja stanowiła podsumowanie dotychczasowych badań i wytyczyła ich nowy kierunek. Przeszto datować osady, które uzyskały negatywną ocenę przydatności do datowania luminescencyjnego.

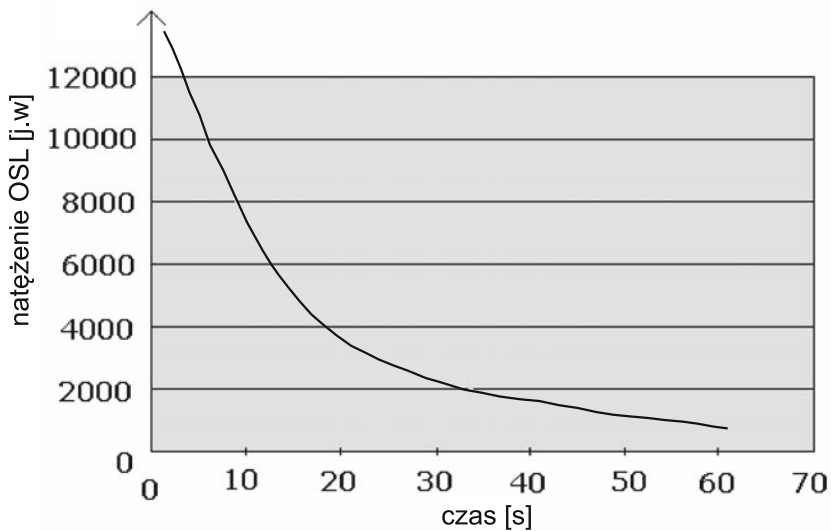
Wielkim osiągnięciem ostatnich lat, dającym nadzieję na rozszerzenie zakresu czasowego metod luminescencyjnych, jest metoda termicznie indukowanej optycznie stymulowanej luminescencji (thermally transferred OSL, TT-OSL) (Adamiec i in. 2008; Wang i in. 2006). Sygnał TT-OSL jest odzyskiwany po wybieleniu porcji ziaren w czytniku. Ma to miejsce po pomiarze OSL i podgrzaniu do temperatury 260°C. Metoda TT-OSL wykorzystuje zarówno krzywą wyświecania, jak i jarzenia (ryc. 1 i ryc. 2). W warunkach laboratoryjnych obserwuje się wzrost luminescencji ziaren kwarcu do nawet 5000 Gy. Wzrost luminescencji obserwowany w laboratorium musi zostać potwierdzony w warunkach naturalnych.

Ogromny postęp w rozwoju technik luminescencyjnych zawdzięczamy aparaturze badawczej. W świecie powszechnie są stosowane czytniki duńskie – Risø lub amerykańskie – Daybreak. Urządzenia te umożliwiają badanie pojedynczych porcji i pojedynczych ziaren (Bluszcz 2000). W Polsce pracują obecnie cztery laboratoria: w Gliwicach i Toruniu (wykorzystują metodę OSL), w Gdańsku i Lublinie (metodę TL).

Metodę TL stosują już tylko nieliczne laboratoria na świecie (np. laboratorium w Kijowie).



Ryc. 1. Przykładowa krzywa jarzenia TL (Fedorowicz 2006)  
Fig. 1. An example of TL glow curve (Fedorowicz 2006)



Ryc. 2. Przykładowa krzywa wyświecania OSL (Fedorowicz 2006)  
Fig. 2. An example of OSL shine-down curve (Fedorowicz 2006)

## DATOWANIE OSADÓW EOLICZNYCH

Lessy są dominującym osadem w badaniach luminescencyjnych osadów czwartorzędowych. Ziarna lessu miały przed depozycją najdłuższy kontakt z promieniowaniem słonecznym, stąd też najlepiej spełniają założenia metodyczne. W minionym stuleciu liczba dat luminescencyjnych lessów zdecydowanie przewyższała liczbę dat dla innych osadów. Proporcje te w ostatnim dziesięcioleciu zostały jeszcze zwiększone. Wzrosła liczba prac interdyscyplinarnych z udziałem przyrodników i fizyków. Daty luminescencyjne, poprzedzone zawsze opracowaniem stratygraficznym, stały się ostatnim etapem pracy na stanowiskach. Często również daty luminescencyjne były podstawą weryfikacji wcześniejszych badań.

Interdyscyplinarne opracowania metodyczne dotyczące lessów były zdominowane przez Manfreda Frechena – fizyka i wykonawcę datowań. W latach 1997–2003 ukazały się jego prace z udziałem przyrodników z Czech, Węgier, Belgii, Syberii czy Chin (Frechen 1999; Frechen & Dodonov 1998; Frechen i in. 1997, 1999, 2001, 2003). Współpraca ta zaowocowała nie tylko dużą liczbą dat próbek pobranych z reperowych stanowisk lessowych, ale również weryfikacją dotychczasowego stanu wiedzy. Efektem tych badań była korelacja pomiędzy profilami na obszarze regionów czy poszczególnych państw.

Kolejnym bardzo istotnym wkładem Frechena do rozwoju metod luminescencyjnych były wyniki i opracowania metodyczne. Wykonał on dla każdej próbki po kilka dat (4–6). Były to daty wykonane metodami TL i OSL (IRSL i GSL oraz BSL). Badania te były testem przydatności nowych technik OSL. Jego wyniki były obiecujące. Daty OSL były z reguły młodsze od dat TL. Większe rozbieżności między datami TL i OSL tej samej próbki uwidaczniały się w próbkach, których wiek przekraczał 100 000 lat.

Porównań dat luminescencyjnych TL i OSL w literaturze jest znacznie więcej. Dokonano ich również w Polsce dla profili polskich i ukraińskich – laboratoria w Gdańsku (TL) i Gliwicach (GSL). Uzyskane wyniki potwierdziły badania Frechena (Łanczont & Fedorowicz 2004; Fedorowicz 2006; Jary 2007).

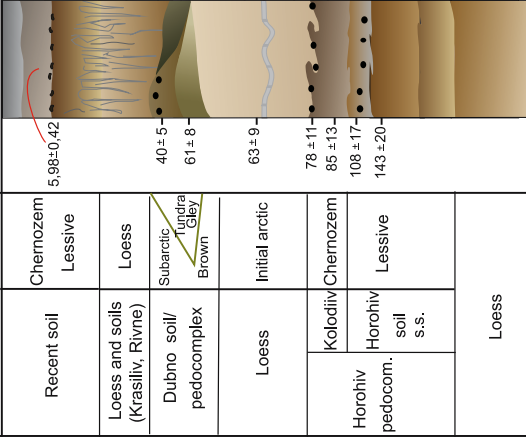
Polskie laboratoria TL w Gdańsku i Lublinie dokonały porównań dat z ukraińskiego profilu Yezupil (ryc. 3) (Łanczont i in. 2009). Wcześniej w podobnych porównaniach tych samych próbek z profilu Bojanice na Ukrainie (Fedorowicz i in. 2008) uczestniczyło laboratorium gdańskie oraz kijowskie, kierowane przez S. Prylpykę (ryc. 4). Zestawy kilkunastu dat ze stanowiska Yezupil oraz Bojanice wykazały wartości zbliżone do siebie w obu laboratoriach.

Szczególną rolę w metodycznych badaniach luminescencyjnych odgrywał i odgrywa do dziś less chiński. Profile lessowe usytuowane na Płaskowyżu Lessowym charakteryzuje ciągłość sedymentacji w ciągu setek tysięcy lat. Ich metodyczne badania OSL wnoszą największy wkład w możliwości rozszerzenia zakresu czasowego metod luminescencyjnych. Wang i in. (2006) opublikowali daty 12 próbek z jednego profilu zawierającego sekwencje lessowo-glebowe na granicy Brunhes/Matuyama (776 ka). Wcześniej na tym terenie przyrodnicy dokonali rozpoznania geologicznego potwierdzonego badaniami paleomagnetycznymi. Wang i in. (2006) wykorzystali

w swych badaniach drobne ziarna kwarcowe frakcji 2–8  $\mu\text{m}$ . Sporym osiągnięciem był mały rozrzut wyników. W pracach została zastosowana inna metodyka preparatyki i pomiaru. Z uwagi na małe rozmiary ziaren wykonano dodatkowo pomiary dawki promieniowania alfa. Zastosowano nową preparatykę próbek z wykorzystaniem związków chemicznych: perhydrolu, usuwającego organikę, kwasu chlorowodorowego, usuwającego węglany, amoniaku, neutralizującego kwas i rozdzielającego ziarna, kwasu fluorokrzemowego, który roztwarzając pozostałe minerały, pozostawia sam kwarc. Zastosowana nowa preparatyka próbek pozwoliła uzyskać bardzo dobre daty. Okazała się natomiast niezwykle kosztowna z uwagi na drogie odczynniki oraz konieczność dysponowania laboratoriami wyposażonymi w specjalne naczynia i pomieszczenia.

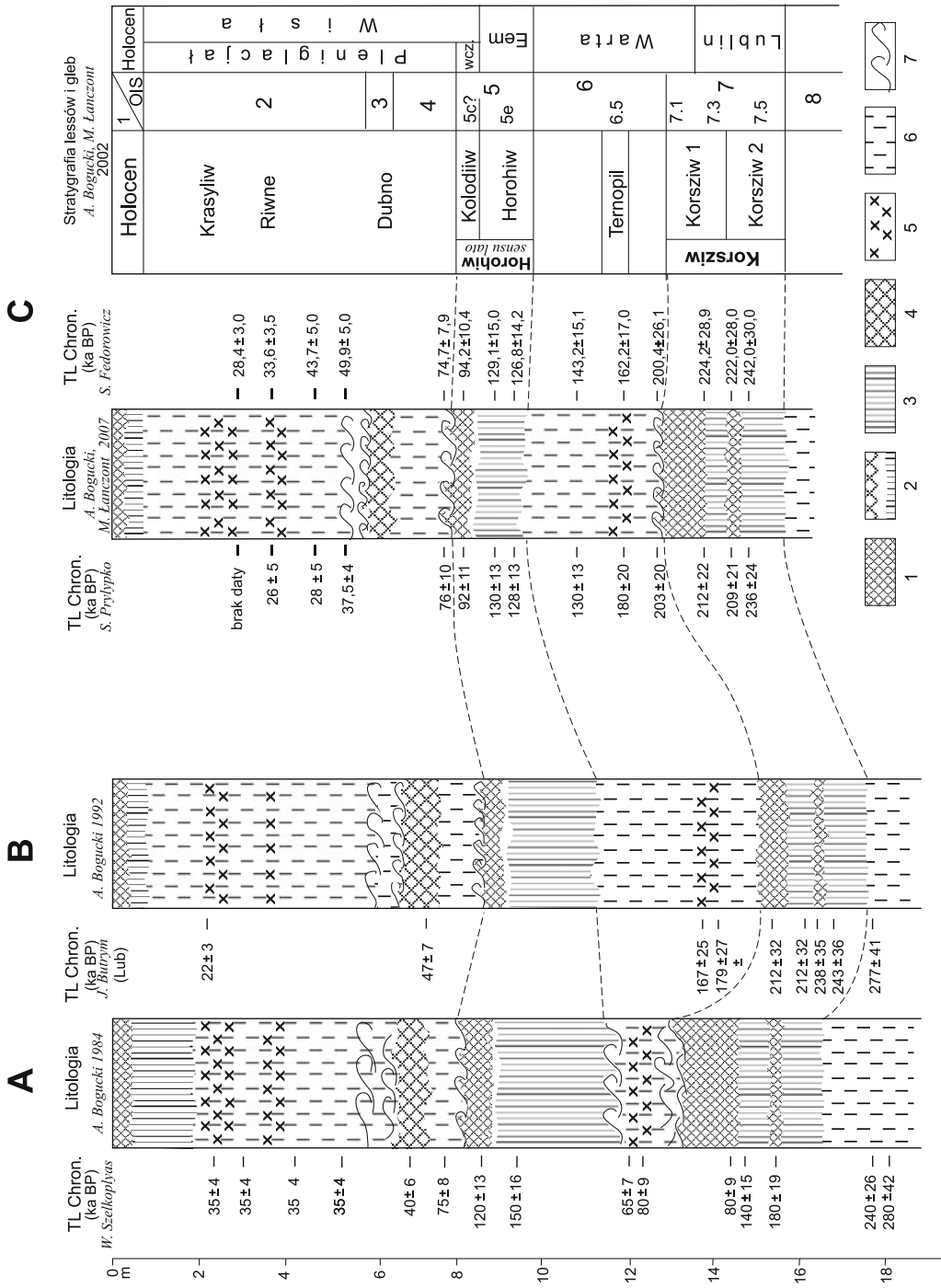
W pracach poświęconych datowaniu luminescencyjnemu piasków wydmych niewiele jest artykułów metodycznych. Na przełomie wieków również dla tych osadów dokonywano porównania dat TL i OSL (Janotta i in. 1997; Tatum i in. 2002). Daty piasków wydmych ograniczały się z reguły do przedziału czasowego od kilkuset do kilku, kilkunastu tysięcy lat. Daty TL i OSL dla tych samych próbek piasków wydmych z tego przedziału, podobnie jak dla najmłodszych lessów, są z reguły porównywalne.

Publikowane daty próbek z piasków wydmych są również zdominowane przez metody OSL. Między innymi laboratoria duńskie, estońskie i polskie prezentują wyniki badań odnoszące się do osadów powstałych w późnym glacie i holocenie. Molodkov i Bitinias (2006) prezentują daty z wydmy litewskich metodą IR-OSL uzyskane dla skalenia. Daty z kilku stanowisk dobrze korelują się i informują o zmianach klimatycznych, jakie miały miejsce na Litwie przed kilkunastoma tysiącami lat. Hilger i in. (2001a, 2001b) informują o porównawczych 12 datach TL i OSL próbek z profilu wydmy Mainz-Gonsenheim w zachodnich Niemczech. Badania metodyczne dotyczyły kwarcu i skalenia. Były wykonywane metodami pojedynczych i wielu porcji. Odnośnikiem (markerem horyzontu) była tefra, której depozycja miała miejsce 12 800 lat temu. Wszystkie daty w profilu układały się w ciągu od 6 do 14 tysięcy lat. Starsze daty tych samych próbek odnosiły się do kwarcu. Wszystkie daty tych samych próbek w granicach błędów były porównywalne. Daty luminescencyjne wyznaczyły podobny wiek do tefry badanej metodą K-Ar. Clemmensen i in. (2009) dokonali analizy klimatu w ostatnich 5000 latach, datując przybrzeżne wydmy w Jutlandii. Analizę przeprowadzili, analizując 24 daty torfu uzyskane metodą AMS-C-14 i 19 dat metodą OSL. Bardzo ciekawe wyniki datowań najmłodszych wydmy, które tworzyły się kilka czy kilkaset lat temu, przedstawili Ballarini i in. (2003). Daty dla próbek pobranych z polskich profili wydmych i wykonanych przez polskie laboratoria ukazały się w literaturze o zasięgu międzynarodowym. Oczkowski i in. (2000) prezentują wyniki z Kępy Kujawskiej, Bluszcz (2000) ze stanowiska w Łazach. Laboratorium gdańskie zaprezentowało daty TL z Karczmisk koło Lublina (Fedorowicz & Zieliński 2009), ze Stegny (Fedorowicz i in. 2009) oraz z ukraińskiego Polesia Wołyńskiego (Zieliński i in. 2008, 2009).

MOIS	CHRONO-STRATIGRAPHY	NEOPLEISTOCENE LOESS - PALAEOOLS STRATIGRAPHIC UNITS			TYPES of SOILS in Yezupil profile	TL ages (ka BP) of the Yezupil I loess-soil profile	CULTURAL HORIZONS
		EAST EUROPEAN PLAIN (Russia) <i>Velichko 1990, Velichko et al., 2006</i>	DNIPIER AREA (Central Ukraine) <i>Velichko 1982, Gozhik et al., 2001</i>	WOLHYNO-PODOLIA, UPPER DNIESTER AREA (Western part of Ukraine) <i>Boguckiy, 1987, Boguckiy, Lanczont 2002</i>			
1	H O L O C E N E	Recent soil	Recent soil	S0	Chernozem Lessive	5,98±0,42	 <p> <b>Early Neolithic</b>  <i>(Linear Pottery culture)</i>                      I Cyrek, Slynik, 2002  <b>Upper Palaeolithic</b>                      II                      III  <b>Micoquian type</b>  <b>Levallois</b>                      - Moustertian                 </p>
		LATE GLACIAL UPPER MIDDLE LOWER EARLY GLACIAL	Recent soil Altyново loess Trubevsk soil Desna loess Bryansk soil Khotylevo loess	Prychernomorsk loess Dotimovka soil Bug loess Vitachiv pedocomplex Uday loess	S0 L1 Loess Loess Kolodiv Chernozem Horohiv pedocom. S1 L2	7.2 ± 0.9 -25,4 ± 2,9 -39,7 ± 4,9 -45,6 ± 5,2 63 ± 9 -56,0 ± 5,9 -65,6 ± 6,8 -75,2 ± 8,0 78 ± 11 85 ± 13 108 ± 17 143 ± 20 -112,0 ± 11,2 -188,9 ± 17,2	
2	P L E N I G L A C I A L	Recent soil	Recent soil	S0	Chernozem Lessive	5,98±0,42	<b>Early Neolithic</b> <i>(Linear Pottery culture)</i> I Cyrek, Slynik, 2002 <b>Upper Palaeolithic</b> II III <b>Micoquian type</b> <b>Levallois</b> - Moustertian
3		Altyново loess Trubevsk soil Desna loess Bryansk soil Khotylevo loess	Prychernomorsk loess Dotimovka soil Bug loess Vitachiv pedocomplex Uday loess	S0 L1 Loess Loess Kolodiv Chernozem Horohiv pedocom. S1 L2	7.2 ± 0.9 -25,4 ± 2,9 -39,7 ± 4,9 -45,6 ± 5,2 63 ± 9 -56,0 ± 5,9 -65,6 ± 6,8 -75,2 ± 8,0 78 ± 11 85 ± 13 108 ± 17 143 ± 20 -112,0 ± 11,2 -188,9 ± 17,2		
4	E E M I A N	Recent soil	Recent soil	S0	Chernozem Lessive	5,98±0,42	<b>Early Neolithic</b> <i>(Linear Pottery culture)</i> I Cyrek, Slynik, 2002 <b>Upper Palaeolithic</b> II III <b>Micoquian type</b> <b>Levallois</b> - Moustertian
5		Altyново loess Trubevsk soil Desna loess Bryansk soil Khotylevo loess	Prychernomorsk loess Dotimovka soil Bug loess Vitachiv pedocomplex Uday loess	S0 L1 Loess Loess Kolodiv Chernozem Horohiv pedocom. S1 L2	7.2 ± 0.9 -25,4 ± 2,9 -39,7 ± 4,9 -45,6 ± 5,2 63 ± 9 -56,0 ± 5,9 -65,6 ± 6,8 -75,2 ± 8,0 78 ± 11 85 ± 13 108 ± 17 143 ± 20 -112,0 ± 11,2 -188,9 ± 17,2		
6	WARTANIAN	Moscov loess	Tasmyn loess	L2	Loess		

Ryc. 3. Daty TL, litostratygrafia, kompleksy glebowe i warstwy kulturowe w profilu Yezupil I korelowane ze stadium izotopowo-licenowym (Lanczont i in. 2009)

Fig. 3. TL results, litho- and pedostratigraphy, and archeological cultures of the Yezupil I profile correlated with oxygen-isotope stages (Lanczont et al. 2009)



Ryc. 4. Daty TL tych samych próbek z profilu Bojanice (Ukraina) datowane w laboratorium gdańskim i kijowskim w roku 2007 (Fedorowicz i in. 2008)  
 Fig. 4. TL dates for the same samples from the Bojanice profile (Ukraine), dated in the Gdańsk and Kiev laboratories in 2007 (Fedorowicz et al. 2008)



## DATOWANIE OSADÓW POCHODZENIA WODNEGO

Liczba dat próbek osadów pochodzenia wodnego stanowi znikomy odsetek w stosunku do dat dla osadów eolicznych. Powodem jest niespełnienie przez te osady wszystkich założeń metod luminescencyjnych. Opisywane w literaturze wyniki badań osadów jeziornych związanych z datowaniami luminescencyjnymi wskazują, że miejsca poboru próbek były bardzo zróżnicowane zarówno terytorialnie, jak i genetycznie. Prace prezentujące te wyniki to prace najczęściej metodyczne. Datowania luminescencyjne z reguły były ostatnim etapem prac na danym stanowisku badawczym, poprzedzonym badaniami: przyrodniczymi (paleobotanicznymi), geofizycznymi (paleomagnetyzm, stosunki izotopowe tlenu) i datowaniem radiometrycznym (radiowęglowym, U-Th).

Polska literatura naukowa ma znaczący wkład w badania nad datowaniem utworów akumulacji wodnej. Stankowski oraz przedstawiciele ośrodków datujących metodami luminescencyjnymi (Bluszcz i in. 1991) prowadzili badania pod Koninem. Wyniki datowania zostały porównane z komplementarnymi datowaniami przewarstwień organicznych metodą C-14. Dokonano analizy wiarygodności dat TL w kontekście znanej pozycji stratygraficznej. Uzyskano dobrą zgodność dat TL z wcześniejszymi ustaleniami stratygraficznymi. Stwierdzono jednak inwersję dat, których wyniku nie można zaakceptować. Poważne inwersje dat TL występowały dla utworów wodnych późnego vistulianu i starszego holocenu (piaski i gytie na stanowisku Maliniec). Niektóre daty były całkowicie nie do przyjęcia ze względu na zdecydowanie wyższą datę w porównaniu z danymi stratygraficznymi. Był to wyraźny sygnał, że próbki miały za krótki kontakt z promieniowaniem słonecznym.

Opinie na temat datowania próbek ze stanowisk Mikorzyn i Sławoszynek w okolicach Konina wyraża Stankowski (2000). Wymienione profile wcześniej uzyskały dane palinologiczne. Próbkę reprezentującą osady powstałe w środowisku wodnym datowano metodami TL i OSL. Uzyskana zgodność wyników datowania TL i OSL oznacza, że depozycja zachodziła w warunkach sprzyjających długiej ekspozycji ziaren na światło słoneczne, czyli prawdopodobnie w stosunkowo wolnym tempie. Wyniki datowania tych samych próbek metodami TL i OSL doprowadziły do stwierdzenia, że metody stosowane łącznie pozwalają na uzyskanie dodatkowych informacji dotyczących warunków jego depozycji. Za wiek osadu uznano datę wyznaczoną metodą OSL (Bluszcz 2000).

Kolejne wyniki badań z wykorzystaniem dat luminescencyjnych przedstawiają Roman (2007) oraz Wysota i in. (2009). Badania związane były z dynamiką lądolodu lobu Wisły podczas ostatniego zlodowacenia. Datowano próbki osadów glaciejeziornych. Opracowanie naukowców z Torunia (Wysota i in. 2009) stanowi omówienie 39 dat luminescencyjnych (14 dat TL i 25 dat OSL) uzyskanych dla próbek z Pojezierza Kujawskiego. Daty wykonały laboratoria w Toruniu i Gliwicach. Pozwoliły na określenie czasu nasunięcia lądolodu w obszarze lobu Wisły. Umożliwiły wyznaczenie maksimum zasięgu lądolodu w fazie leszczyńskiej, czas fazy poznańskiej. Szczególną

rolę w prowadzonych badaniach, zdaniem autorów (Wysota i in. 2009), odgrywały datowania wieku, głównie OSL. Wyrazili również zdanie, że „wielka zmienność litologiczna i luki stratygraficzne w osadach plejstocenijskich sprawiają, że wnioskowanie stratygraficzne, nieoparte wiarygodnymi datowaniami, często prowadzi do błędnych wniosków”.

Często prace związane z datowaniem luminescencyjnym osadów jeziornych miały charakter pionierski. Przykładem są daty osadów z efemerycznych jezior południowo-wschodniej Australii (Copper 2006). Daty dla osadów pochodzenia wodnego w zdecydowanej większości uzyskano metodami OSL. Jest to logiczne następstwo faktu, iż miały bardzo zróżnicowany, zwykle krótki kontakt z promieniowaniem słonecznym. Informacje zawarte w pracach zawierają wiele istotnych informacji i spostrzeżeń, które rozwijają wiedzę przyrodniczą i dają cenne wskazówki metodyczne osobom chcącym w przyszłości wykonać podobne badania.

Możliwość datowania próbek z antarktycznych jezior Głubokoje i Dlinnoje sprawdzali Krause i in. (1997). Próbki z jezior tego klimatu cechuje mała zawartość kwarcu. Badany materiał składający się z plagioklazów i niewielkiej (5%) zawartości kwarcu poddano nowej preparatyce. Miała ona na celu pozbycie się materii organicznej i minerałów ciężkich. Wykorzystano technikę IRSL, badając sygnał dla czterech długości fali (od 280 do 560 nm). Daty próbek z dwóch rdzeni z jeziora Głubokoje miały rozpiętość od 50 do 90 ka. Cechą wspólną była zgodność dat w obu rdzeniach, potwierdzona inwersjami. W datach dla rdzenia z jeziora Dlinnoje inwersja nie wystąpiła, a daty wahały się w przedziale 7,3–23,6 ka.

Z jeziora El'gygytyn (południowo-wschodnia Syberia), powstałego 3,58 mln lat temu w zagłębieniu po uderzeniu meteorytu, pobrano rdzeń długości ponad 12 m (Forman i in. 2007). Do zbiornika, odmierzającego tylko na 3 miesiące w roku, materiał dostarczany jest eolicznie. Autorzy datowali próbki zawierające polimineralny materiał metodą IRSL oraz kwarc – metodą GSL. Daty z przedziału 11,5–212,3 ka porównano z wynikami badań paleomagnetycznych i palinologicznych, a także z analizami zmian O-18. Zdecydowana większość dat luminescencyjnych była zgodna z tymi badaniami.

Osady jeziora Bajkał były obiektem badań Moski i in. (2008). Wcześniej badania paleomagnetyczne i palinologiczne wskazywały, że pobrane przez autorów osady w 7,5-metrowym rdzeniu powinny być młodsze niż 150 ka. Daty wykonano technikami BSL i IRSL. Badania BSL dawały rozproszone wartości dawki pochłoniętej, dat nie uzyskano. Daty IRSL zawierały się w przedziale od 15 do 73 ka. Porównania dat IRSL z C-14 pozwoliły na dokonanie korekt dat luminescencyjnych. Porównanie tych dat wykazało, że tempo sedymentacji obliczone na podstawie dat C-14 i IRSL jest podobne. Te wyniki umożliwiły autorom dokonanie kalibracji dat luminescencyjnych dla osadów tego jeziora.

Z bezodpływowego jeziora na równinie Konya w Turcji pobrano 24 próbki z 5-metrowej miąższości rdzenia (Roberts i in. 1999). Daty uzyskane technikami BSL i GSL (2,2–64 ka) porównano z datami C-14 i U-Th. Tylko 3 daty były straty-

graficznie nieakceptowane i niezgodne z innymi datami radiometrycznymi. Cechą dat luminescencyjnych była jednak duża niepewność, sięgająca nawet 20%.

Innych porównań dokonali Lang & Zolitschka (2001). Daty osadów laminowanych z niemieckiego jeziora Holzmaar wykonane zostały metodą IRSL. Próbkę pobrano z rdzenia, dla którego wcześniejsza chronologia warwowa określiła czas tworzenia osadu sięgającego 23 220 lat. Datowano osad, dla którego daty warwowe sięgały od 0,2 do 14,6 ka. Uzyskane daty IRSL zawierały się w przedziale od 1,0 do 14,1 ka. Zgodność uzyskano tylko dla osadów bogatych w materiał klastyczny. Daty dla próbek zawierających duże ilości materii organicznej różniły się bardzo od rzeczywistego wieku osadów wyznaczonego warwometrią. Były nawet dwukrotnie niższe. A. Lang stwierdził, że zastosowana standardowa preparatyka próbek powodowała niecałkowitą eliminację okrzemek. Fakt ten był przyczyną błędu w określeniu dawki pochłoniętej, co sugeruje konieczność zmiany preparatyki próbek zawierających dużą ilość materii organicznej.

Metodyczny aspekt związany z wiarygodnością dat luminescencyjnych zaprezentowali Thomas i in. (2003). Datowania próbek osadów z rdzenia z jeziora Xinius w Grecji były poprzedzone analizami palinologicznymi i magnetycznymi oraz datowaniem C-14. Datowano ziarna kwarcu i poliminerale technikami: IRSL, BSL oraz BSL po IRSL. Daty luminescencyjne do 40 tysięcy lat porównano z datami radiowęglowymi. W tym przedziale czasowym okazało się, że daty BSL (kwarc) są zgodne z datami C-14. Pozostałe daty są niedoszacowane: IRSL do 50%, BSL zaś po IRSL do 20% w stosunku do BSL. Przyczyną niedoszacowania dat może być duża zawartość wody i związków organicznych w próbkach. Autorzy zwracają również uwagę na dużą stabilność sygnału BSL po IRSL. Ich zdaniem bardzo obiecujące są datowania próbek osadów jeziornych małych frakcji.

Osady jeziorne z Litwy poddane zostały metodycznym badaniom w laboratorium gdańskim (Fedorowicz 2006; Gaigalas & Fedorowicz 2002, 2009; Fedorowicz & Gaigalas 2010; Gaigalas i in. 2005). Dla każdej próbki z profili Vilkiškes i Tartokai wykonano od kilku do kilkunastu dat. Każdą z badanych próbek rozdzielono na pięć części różniących się wielkością ziaren (63–80  $\mu\text{m}$ , 80–100  $\mu\text{m}$ , 100–125  $\mu\text{m}$ , 125–160  $\mu\text{m}$ , 160–250  $\mu\text{m}$ ). Próbkę zawierającą ziarna kwarcu datowano trzema technikami: addytywną, odtworzeniową i RG. Dokonano interpretacji sedymentologicznej, wykorzystując otrzymane daty oraz wyniki z analizy sitowej.

Niezadowalające daty, uzyskane pod koniec XX wieku dla interglacjalnych osadów rzecznych i jeziornych pobranych w kanadyjskim Quebecu, skłoniły Balescu i in. (2001) do opracowania nowej metody „fadia”. Metoda ta, oparta na badaniach pojedynczych ziaren techniką IRSL, przyniosła wyniki zgodne z oczekiwanym wiekiem z przedziału 180–250 ka odniesionym do MOIS 7.

Podobny styl pracy badawczej prezentowany jest w pracach odnoszących się do datowań osadów rzecznych. Terasy Loary były obszarem metodycznych badań Arnolda i in. (2003). Pięć próbek datowano kolejno metodami: IRSL, BSL i BSL po IRSL. Otrzymane daty z przedziału 0,5–130 ka nie w pełni zgadzają się z wcześniejszym

rozpoznaniem przyrodników. Daty IRSL odbiegały od pozostałych, BSL i IRSL zaś były w większości ze sobą zbieżne. Cechowała je duża niepewność – od kilku do nawet 50%.

Wykonane badania piasków rzecznych i mułu laminowanego w dolinie Wisłoka metodą GSL (Gębica i in. 2002) wykazały ich długi czas ekspozycji na promieniowanie słoneczne. Próbkę uzyskały daty od 11 do 22 ka. Otrzymane daty GSL były dobrze skorelowane z wcześniejszymi badaniami palinologicznymi, granulometrycznymi i datowaniem radiowęglowym.

W dolinach rzek Er i Berettyo na Nizinie Węgierskiej, w obszarze aktywnym sejsmicznie, badania prowadzili Thamo-Bozso i in. (2007). Próbkę do datowania BSL pochodziły z profilu zawierającego less, piasek eoliczny i fluwialny. Otrzymane daty z przedziału od 9 do 50 tysięcy lat powiązano z prowadzonymi kompleksowo badaniami sieci rzecznej w Rumunii.

Osady z rozlewiska Gangesu badali Chandra i in. (2007). Ich datowania metodami GSL i TL poprzedziły radiowęglowe datowania poziomów glebowych, węgla drzewnych i muszli. Uznano zgodność dat radiowęglowych i GSL; wskazano również niepełne zerowanie ziaren. Fakt niepełnego zerowania i rozproszenie wyników pomiaru dawki pochłoniętej eliminuje metodę TL do stosowania w środowisku rzeczonym.

Gemmell (1999) badał osady glacialfluwialne we włoskich Alpach. To miejsce badań wybrał w 1996 roku do przeprowadzenia eksperymentu, który polegał na wpuszczeniu do potoku górskiego zawiesiny z testowanymi ziarnami. Ziarna poddane zostały badaniom IRSL metodami pojedynczych porcji i pojedynczych ziaren. Badania wykazały, że ziarna uległy skutecznemu wyzerowaniu. Ten eksperyment dowiódł, że godzina kontaktu ziaren przebywających w potoku górskim na szerokościach geograficznych włoskich Alp wystarczy, by takowe ziarna datować metodami luminescencyjnymi.

Osady rzeczne powstałe w skrajnie suchych warunkach Namibii, nad rzeką Kuiseb, badali Bourke i in. (2003). Dla badanego stanowiska były już znane daty radiowęglowe muszli, drewna i skorupki, mieszczące się w przedziale od 19 do 23 ka. Osiem próbek poddano testowym badaniami, wykorzystując technikę BSL. Test polegał na wykorzystaniu różnych wielkości naważek tej samej próbki. Najlepsze wyniki uzyskano dla najmniejszych naważek. Badania ziaren ujawniły, że datowane ziarna cechowały się bardzo słabym wybieleniem, które mogło być spowodowane dużym zmętnieniem wody oraz krótkim transportem ziaren. Autorzy sugerują, aby tego typu osady datować techniką pojedynczych ziaren lub małych naważek.

Choi i in. (2006) badali redeponowany materiał wulkaniczny w osadach fluwialnych. Zastosowano nową metodykę pomiarową, tzw. linearnie modulowaną OSL (LM OSL), ponieważ wcześniejsze datowanie kwarcu standardowymi procedurami metodą BSL nie przyniosło spodziewanych wyników.

Materiałem współcześnie zdeponowanym przez strumienie górskie w zlewisku Long Curvent Creek w południowo-wschodniej Australii zajęli się Thomson i in. (2007). Otrzymane daty GSL, z przedziału czasowego lat 2005–1825, uznano za mocno perspektywiczne – tym bardziej że osad był bardzo dobrze wybielony.

Bitinas i in. (2001) badali próbki pobrane z 10 odwiertów w strefie nadmorskiej Litwy. Próbki pochodziły z osadów eolicznych, lodowcowo-jeziornych, jeziornych i morskich powstałych w czasie ostatniego zlodowacenia i później. Próbki datowano metodą IRSL, a wyniki porównano z wynikami badań: palinologicznych, okrzemek i mięczaków kopalnych, oraz datami C-14. Daty z młodszej części osadów, tworzących się w jeziorze ancyclusowym, morzu litynowym i mya, bardzo dobrze korelują z datami C-14 i badaniami palinologicznymi. Ta część osadów tworzyła się w spokojnych warunkach pozwalających na całkowite wybielenie ziaren. Dolne warstwy osadów tworzyły się w fazie od najstarszego do młodszego dryasu. Daty luminescencyjne okazały się starsze w stosunku do danych paleobotanicznych. Prawdopodobnie osady, powstałe w środowisku burzliwym, osadzały się szybko, uniemożliwiając całkowite wyzerowanie energii ziaren. Autorzy wyciągają wniosek, że daty osadów morskich i jeziornych są wiarygodne, a przeszacowane daty świadczą o szybkiej sedymentacji.

Olley i in. (2004) badali 2,5-metrowy rdzeń pobrany z głębokości ponad kilometra ze wschodniej części Oceanu Indyjskiego. Daty 7 próbek porównano z datami radiowęglowymi próbek, stanowiących zbiór otwornic zalegających w profilu. Otrzymano daty od około 2 do 51 ka; wykorzystano metodę odtworzeniową pojedynczych porcji frakcji kwarcu 60–70  $\mu\text{m}$ . Daty luminescencyjne dobrze korelują z datami radiowęglowymi. Ziarna badanych próbek były transportowane eolicznie z terenu Australii. Ziarna zostały wybielone nierównomiernie, a część z nich nie była w pełni wybielona. Niepewności dat sięgają 10%. Autorzy sugerują, by w podobnych badaniach wykorzystywać pomiary najmniejszych porcji.

Hong i in. (2003) prowadzili badania osadów powstałych na skutek działalności fal morskich w okolicach miejscowości Kwang-whal-myon na zachodnim wybrzeżu Korei Południowej. Datowano 5 próbek z rdzenia o długości 0,7 m. Wyseparowano skałek frakcji 90–125  $\mu\text{m}$ . Datowanie przeprowadzono metodą IRSL – techniką pojedynczych porcji (SAA). Uzyskano daty od 41 do 119 lat. Daty nie cechowała inwersja. Zastosowana metoda bardzo dobrze nadaje się do datowania tak młodego materiału.

#### INNE BADANIA Z WYKORZYSTANIEM DAT LUMINESCENCYJNYCH

Daty luminescencyjne, uzyskane różnymi metodami luminescencyjnymi, mogą zostać wykorzystane do celów niekoniecznie związanych z określaniem czasu depozycji i sedymentacji osadu (Stankowski i in. 2007; Dobrowolski 2006). Wspomniane metody można zastosować w celu określenia np. czasu upadku meteorytu (Stankowski i in. 2007). Za pomocą metod luminescencyjnych możliwa jest również próba rozstrzygnięcia kwestii, czy badana forma geologiczna stanowi pingo, czy jest miejscem upadku meteorytu. Dobrowolski (2006) natomiast wykorzystał daty TL do interpretacji wieku procesu transformującego osad w badaniach osadów wypełniających kieszenie krasowe.

## WNIOSKI

Metodyczne badania naukowców, głównie fizyków, wnoszą spory wkład w rozwój wiedzy dotyczącej badań osadów czwartorzędowych. Ten rozwój jest szczególny, jeśli stanowi wynik współdziałania wykonawców dat i przyrodników. Liczna literatura prezentująca daty i wyniki badań metodycznych wskazuje jednoznacznie na ciągły rozwój datowania luminescencyjnego. W pięćdziesięcioletnim okresie stosowania luminescencji zauważalne jest wyraźne rozgraniczenie. W latach 1965–1985 datowano wyłącznie metodą TL. Późniejszy rozwój metod OSL doprowadził do coraz większej dominacji OSL nad TL. Poznanie zjawisk termoluminescencji przez fizyków i kolejne badania metodyczne doprowadziły już w XXI wieku do powstania nowej metody TT-OSL.

Największe znaczenie w obecnych, a także przyszłych pracach metodycznych będą odgrywały dobrze geologicznie rozpoznane profile z datami radiometrycznymi (C-14, U-Th). Korelacja między wymienionymi datami a datami TL czy OSL, czy też istnienie w profilu takiego znacznika, jakim może być tefra z określoną datą K-Ar czy Ar-Ar, niewątpliwie przyczyni się do dalszego rozwoju wiedzy przyrodniczej.

## LITERATURA

- Adamiec G., Bailey R.M., Wang X.L., Wintle A., 2008. The mechanism of thermally transferred optically stimulated luminescence in quartz, *Journal of Physics D: Applied Physics*, 411–414.
- Aitken M.J., 1998. *Introduction to Optical Dating: the Dating of Quaternary Sediments by the Use of Photon-stimulated Luminescence*. Oxford University Press, Oxford.
- Arnold L., Stokes S., Bailey R., Fattahi M., Colls A., Tucker G., 2003. Optical dating of potassium feldspar using far-red ( $\lambda > 665$  nm) IRSL emission: a comparative study using fluvial sediments from the Loire River. France. *Quaternary Science Reviews* 22, 1093–1098.
- Balescu S., Lamothe M., Auclair M., Shilts W.W., 2001. IRSL dating of Middle Pleistocene interglacial sediments from southern Quebec (Canada) using multiple and single grain aliquots, *Quaternary Science Reviews* 20, 821–824.
- Ballarini M., Wallinga J., Murray A.S., Van Heteren S., Oost A.P., Bos A.J.J., Van Eijk C.W.E., 2003. Optical dating of young coastal dunes on a decadal time scale, *Quaternary Science Reviews*, 22, 1011–1017.
- Bitinas A., Daimusyte A., Hutt G., Jaek I., Kabailiene M., 2001. Application of the SL dating for stratigraphic correlation of Late Weichselian and Holocene in the Lithuanian Maritime Region. *Quaternary Science Reviews* 20, 767–772.
- Berger G.W., 1994. Thermoluminescence dating of sediments older than 100 ka. *Quaternary Science Reviews (Quaternary Geochronology)*, 13, 445–455.
- Bluszcz A., 2000. Datowanie luminescencyjne osadów czwartorzędowych – teoria, ograniczenia, problemy interpretacyjne. *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Seria Matematyka – Fizyka*, 86, *Geochronometria* 17, 104.
- Bluszcz A., Fedorowicz S., Olszak J., Stankowski W., 1991. Wiarygodność datowań TL glin morenowych i utworów pochodzenia wodnego, [w:] W. Stankowski

- (red.). Przemiany środowiska geograficznego obszaru Konin – Turek, Instytut Badań Czwartorzędu UAM Poznań, 89–105.
- Bourke M.C., Cild A., Stokes S., 2003. Optical age estimates for hyper-arid fluvial deposits at Homeb, Namibia, *Quaternary Science Reviews* 22, 1099–1103.
- Chandra Rhodes E., Richards K., 2007. Luminescence dating of late Quaternary fluvial sediments in the Rapti Basin, north-central Gangetic plains, *Quaternary International* 159, 47–56.
- Choi J.H., Duller G.A.T., Wintle A.G., Cheong C.S., 2006. Luminescence characteristics of quartz from the Southern Kenyan Rift Valley: Dose estimation using LM-OSL SAR, *Radiation Measurements* 41, 847–854.
- Clemmensen L.B., Murray A., Heinemeier J., De Jong R., 2009. The evolution of Holocene coastal dunefields, Jutland, Denmark: A record of climate change over the past 5000 years, *Geomorphology*, 105, 303–313.
- Cupper M. L., 2006. Luminescence and radiocarbon chronologies of playa sedimentation in the Murray Basin, southeastern Australia, *Quaternary Science Reviews*, 25, 2594–2607.
- Dobrowolski R., 2006. Glacjalna i peryglacjalna transformacja rzeźby krasowej północnego przedpola wyżyn lubelsko-wołyńskich (Polska SE, Ukraina NW), Wydawnictwo UMCS, Lublin, ss. 184.
- Fedorowicz S., 2006. Metodyczne aspekty luminescencyjnego oznaczania wieku osadów neoplejstocenijskich Europy Środkowej, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, ss. 154.
- Fedorowicz S., Prylupko S., Boguckij A., Łanczont M., 2008. Międzylaboratoryjne porównanie dat termoluminescencyjnych (TL) próbek z profilu Bojanice (Ukraina), Materiały konferencyjne XV Konferencji „Stratygrafia plejstocenu Polski”, 92–96.
- Fedorowicz S., Gaigalas A., 2010. Geochronological and sedimentological interpretation of interglacial aquatic sediments based on TL dating, *Geochronometria*, 35, 75–83.
- Fedorowicz S., Zieliński P., 2009. Chronology of aeolian events recorder in the Karczmyska dune (Lublin Upland) in the light of lithofacial analysis, C-14 and TL dating, *Geochronometria*, 33, 9–17.
- Fedorowicz S., Gołębiowski R., Wysiecka G., 2009. The age of the dunes of the Vistula Spit in the vicinity of Stegna, *Geologija*, Vilnius, 51, no 3–4 (67–68), 141–147.
- Forman S.L., Pierson J., Gomez J., Brigham-Grette J., Nowaczyk N.R., Melles M., 2007. Luminescence geomorphology for sediments from Lake El’gygytyn, northeast Siberia, Russia: constraining the timing of paleoenvironmental events for the past 200 ka. *J. Paleolimnol* 37, 77–88.
- Frechen M., 1999. Luminescence dating of loessic sediments from the Loess Plateau, China. *Nature, Geologische Rundschau*, 87, 675–684.
- Frechen M., Dodonov A., 1998. Loess chronology in Tadjikistan, Central Asia, *Geologische Rundschau*, 87, 2–20.
- Frechen M., Horvath E., Gabris G., 1997. Geochronology of Middle and Upper Pleistocene Loess Sections in Hungary, *Quaternary Research*, 48, 291–312.
- Frechen M., Oches E. A., Kohfeld K.E., 2003. Loess in Europe – mass accumulation rates during the Last Glacial Period, *Quaternary Science Reviews*, 22, 1835–1857.
- Frechen M., Van Vliet-Lanoë B., Van den Haute P., 2001. The Upper Pleistocene loess record at Harmignies/Belgium – high resolution terrestrial archive of climate forcing, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 173, 175–195.
- Frechen M., Zander A., Cilek V., Lozek V., 1999. Loess chronology of the Last Interglacial. Glacial cycle in Bohemia and Moravia, Czech Republic. *Quaternary Science Reviews*, 18, 1467–1493.
- Gaigalas A., Fedorowicz S., 2002. Thermoluminescence dates of Mild- and Late Pleistocene sediments in Vilkskies exposure, Eastern Lithuania, *Geologija*, 38, 31–40.

- Gaigalas A., Fedorowicz S., 2009. Co-operation between Gdańsk and Vilnius universities in pleistocene geochronology investigations, *Geologija*, Vilnius, 51, no 3–4 (67–68), 76–87.
- Gaigalas A., Fedorowicz S., Melesyte M., 2005. TL dates of aquatic sandy sediments of Middle-Upper Pleistocene in Lithuania, *Geologija*, 51, 39–49.
- Gemmell A. M. D., 1999. IRSL from fine-grained glacial sediments. *Quaternary Geomorphology* 18, 207–215.
- Gębica P., Bluszcz A., Pazdur A., Szczepanek K., 2002. Chronostratigraphy of late pleistocene fluvial deposits in the Wisłok River Valley between Rzeszów and Łancut. South Poland. *Geochronometria* 21, 119–128.
- Hilger A., Janotta A., Radtke U., 2001a. The potential of OSL and TL for dating lateglacial Holocene dune sands tested with independent age control of the Laacher Sea Tephra (12 800 a) at the section “Maintz-Gonsenheim”, *Quaternary Science Reviews*, 20, 9, 719–724.
- Hilger A., Murray A. S., Schlaak N., Radtke U., 2001b. Comparison of quartz OSL protocols using Lateglacial and Holocene dune sands from Brandenburg, Germany. *Quaternary Science Reviews (Quaternary Geochronology)* 20, 731–736.
- Hong D. J., Choi M. S., Han J. H., Cheong C. S., 2003. Determination of sedimentation rate of a recently deposited tidal flat, western coast of Korea, using IRSL dating, *Quaternary Science Reviews*, 38, 1185–1189.
- Huntley D. J., Godfrey-Smith D. I., Thewalt M. L. W., 1985. Optical dating of sediments. *Nature* 313, 105–107.
- Janotta A., Radtke U., Czwiellung K., Heidger M., 1997. Luminescence dating (IRSL/TL) of Lateglacial and Holocene dune sands and sandy loesses near Bonn, Gifhorn and Diepholz (Germany). *Quaternary Science Reviews*, 16, 3–5, 1997, 349–355.
- Jary Z., 2007. Zapis zmian klimatu w górnoplejstocenijskich sekwencjach lessowo-glebowych w Polsce i w zachodniej części Ukrainy, *Rozprawy Naukowe Instytutu Geografii i Rozwoju Regionalnego Uniwersytetu Wrocławskiego*, 1, Wrocław, ss. 144.
- Krause W. E., Krbetschek M. R., Stoltz W., 1997. Dating of Quaternary lake sediments from the Schirmacher Oasis (east Antarctica) by infra-red stimulated luminescence (IRSL) detected at the wavelength of 560 nm. *Quaternary Science Reviews* 16, 387–392.
- Lang A., Zolitschka B., 2001. Optical dating of annually laminated lake sediments. A test case from Holzmaar (Germany). *Quaternary Science Reviews*, 20, 737–742.
- Łanczont M., Fedorowicz S., 2004. The age of loess deposits at Dybawka, Tarnawce and Zarzeczce (SE Poland) based on luminescence dating, *Geologija*, 47, 8–14.
- Łanczont M., Fedorowicz S., Kusiak J., Boguckij A., Sytnyk O., 2009. TL age of loess deposits in the Yezupil I Palaeolithic site on the upper Dniester River (Ukraine), *Geologija*, Vilnius, 51, 2 (66).
- Mejdahl V., 1986. Thermoluminescence dating of sediments, *Radiation Protection Dosimetry*, 17, 219–227.
- Molodkov A., Bitinias A., 2006. Sedimentary record and luminescence chronology of the Lateglacial and Holocene aeolian sediments in Lithuania, *Boreas*, vol. 35, 244–254.
- Moska P., Poręba G., Bluszcz A., Wiszniowska A., 2008. Combined IRSL/OSL dating on fine grains from Lake Baikal sediments. *Geochronometria* 31, 39–43.
- Oczkowski H., Przegiętka K. R., Lankauf K. R., Szmańda J. B., 2000. Dating of a dune in Kępa Kujawska, *Geochronometria*, 18, 63–68.
- Olley J. M., De Deckker P., Roberts R. G., Fifield L. K., Yoshida H., Hancock G., 2004. Optical dating of deep-sea sediments using single grains of quartz: a comparison with radiocarbon. *Sedimentary Geology* 169, 175–189.
- Przegiętka K. R., Chruścińska A., Oczkowski H. L., Molewski P., 2008. Chronostratigraphy of the Vistulian glaciation on the Kujawy moraine plateau (central Poland) based on lithostratigraphic research and OSL dating, *Geochronometria* 32, 69–77.



- Roberts N., Black S., Boyer P., Eastwood J.W., Griffiths H.I., Leng M.J., Parish R., Reed J.M., Twigg D., Yigitbasjoglu H., 1999. Chronology and stratigraphy of Late Quaternary sediments in the Konya Basin, Turkey: results from the KOPAL Project. *Quaternary Science Reviews* 18, 611–630.
- Roman M., 2007. Rekonstrukcja kierunku ruchu lądolodu lobu Wisły w obszarze Pojezierza Kujawskiego i Kotliny Płockiej. *Acta Geographica Lodzienia* 93, 67–85.
- Stankowski W., Raukas A., Bluszcz A., Fedorowicz S., 2007. Luminescence Dating of the Marasko (Poland), Kaali, Ilumetsa and Tssrikmae (Estonia) meteorite craters. *Geochronometria*, 28, 25–29.
- Shelkopyls V.N., Morozov G.V., 1965. Some results of an investigation of quaternary deposits by the thermoluminescence method, [w:] *Materials on the quaternary period the Ukraine (for the VII-th International Quaternary Association Congress)*, Naukowa Dumka, Kiev.
- Tatumi S.H., Yee M., Kowata E.A., Corneiro A., Schwartz D., 2002. TL and OSL dating of eolian dunes of the Negro River Basin, Brasil, *Advances in ESR Applications*, 18, 187–191.
- Thamo-Bozso E., Magyari A., Nagy A., Uunger Z., Kericsmar Z., 2007. OSL dates and heavy mineral analysis of upper quaternary sediments from the valleys of the Er and Berettyo Rivers, *Geochronometria* 28, 17–23.
- Thomas P.J., Murray A.S., Sangren P., 2003. Age limit and age underestimation using different OSL signal from lacustrine quartz and polymineral fine grains. *Quaternary Science Reviews* 22, 1139–1143.
- Thomson C., Rogedes E., Croke J., 2007. The storage of bed material in mountain stream channels as assessed using Optical Stimulated Luminescence dating. *Geochronometria* 83, 307–321.
- Wang X.L., Lu Y.C., Wintle A.G., 2006. Recuperated OSL dating of fine grained quartz in Chinese loess, *Quaternary Geomorphology*, 1, 89–100.
- Wysota W., Chruścińska A., Lankauf K.R., Przegiętka K.R., Oczkowski H., Szymańda J., 2000. Chronostratigraphy of the vistulian deposits in the southern part of the Lower Vistula region (North Poland) in the light of TL dating, *Geologos*, 123–134.
- Wysota W., Molewski P., Sokołowski R.J., 2009. Record of the Vistula ice lobe advances in the Late Weichselian glacial sequence in north-central Poland, *Quaternary International*, 207, 26–41.
- Zieliński P., Fedorowicz S., Zaleski I., 2008. Conditions and age of aeolian sand deposition in the Volhynia Polesie (Ukraine), *Geologija*, 50, 3(63), Vilnius, 188–200.
- Zieliński P., Fedorowicz S., Zaleski I., 2009. Sedimentary succession in Berezno in the Volhynia Polesie (Ukraine) as an example of depositional environment changes in the periglacial zone at the turn of the Vistulian and Holocene, *Geologija*, Vilnius, 51, no 3–4 (67–68), 99–110.

## SUMMARY

The aim of this article is to show directions and object of methodical luminescence studies related to Aeolian deposits and water deposits as well as to show achievements and works of Polish laboratories against that background. Physical foundations for luminescent methods were presented along with the possibilities they create in the field of Quaternary studies. The author's intention was not to provide dates at excavation sites mentioned in the text, but rather to point out the problems encountered by researchers. Aeolian deposits (loess and dune sands) are the most often dated deposits due to the fact that they meet methodical assumptions most fully. However, they are given relatively least attention in methodical