

AUTOREFERAT

Grzegorz Adamiec

Gliwice, 2015

1. *Imię i nazwisko*¹

Grzegorz Adamiec

2. *Posiadane dyplomy, stopnie naukowe – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej.*

- 1994 – Tytuł magistra inżyniera, fizyka techniczna, Politechnika Śląska
- 2000 – Doctor of Philosophy, Oxford University, „Aspects Of Pre-Dose And Other Luminescence Phenomena In Quartz Absorbed Dose Estimation.”
- 2005 – Nostryfikowany jako stopień doktora nauk fizycznych przez radę Wydziału Matematyki, Fizyki i Chemii Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach

3. *Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych*

- od października 2005 do chwili obecnej – **adiunkt**
Instytut Fizyki – Centrum Naukowo-Dydaktyczne, Zakład Zastosowań Radioizotopów, Politechnika Śląska, Gliwice
- Luty - Wrzesień 2005 – **asystent**,
Instytut Fizyki, Zakład Zastosowań Radioizotopów, Politechnika Śląska, Gliwice
- Maj 2003-Listopad 2004
Stypendium Marie-Curie “Dosimetry of neutrons and other aspects of dosimetry”, Depto. Fisica Teorica, Atomica, Molecular y Nuclear, Uniwersytet w Valladolid, Hiszpania
- Grudzień 1999-Marzec 2003
Stypendium podoktoranckie. Tytuł projektu “Design of a database based laboratory management system”, Laboratorium AMS 14C, Max-Planck-Institute for Biogeochemistry, Jena, Niemcy.
- 1996-2000
Studia doktoranckie, Research Laboratory for Archaeology and the History of Art, Uniwersytet w Oksfordzie, Wielka Brytania.
- 1995-1996
Research assistant, Research Laboratory for Archaeology and the History of Art, Uniwersytet w Oksfordzie, Wielka Brytania.
- 1994-1995
Asystent, Instytut Fizyki, Zakład Zastosowań Radioizotopów, Politechnika Śląska, Gliwice

¹ Przygotowano według szablonu ze stron Centralnej Komisji do Spraw Tytułów i Stopni naukowych (http://www.ck.gov.pl/images/PDF/komunikaty/wzor_autoreferat.pdf)

4. Wskazanie osiągnięcia² wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.):

a) tytuł osiągnięcia naukowego/artystycznego,

**Zjawiska luminescencyjne w naturalnych materiałach dozymetrycznych –
interpretacja wybranych obserwacji eksperymentalnych**

b) (autor/autorzy, tytuł/tytuły publikacji, rok wydania, nazwa wydawnictwa),

Ozn.	Dane bibliograficzne i opis wkładu	L. cyt.	IF	Udz. %
H1	Adamiec G., Bluszcz A., Bailey R., Garcia-Talavera M., 2006, Finding model parameters: Genetic algorithms and the numerical modelling of quartz luminescence. RADIATION MEASUREMENTS, 41, 897-902	15	0,92	80
H2	Bluszcz A. and Adamiec G., 2006, Application of differential evolution to fitting OSL decay curves. RADIATION MEASUREMENTS, 41, 886-891	9	0,92	50
H3	Adamiec, G., Bailey, R. M., Wang, X.L and, Wintle, A.G., 2008. The mechanism of thermally transferred optically stimulated luminescence in quartz. JOURNAL OF PHYSICS D: APPLIED PHYSICS, 41, 135503 (14pp)	30	1,27	70
H4	Adamiec G., Duller G.A.T., Roberts, H.M., Wintle A.G., 2010. Improving the TT-OSL SAR protocol through source trap characterisation. RADIATION MEASUREMENTS, 45(7), 768-777	31	1,02	80
H5	Adamiec G., Heer A.J., Bluszcz A., 2012. Statistics of count numbers from a photomultiplier tube and its implications for error estimation. RADIATION MEASUREMENTS, 47(9), 746-751	3	0,86	40
H6	Wang, X. L.; Wintle, A. G.; Adamiec, G., 2012. Improving the reliability of single-aliquot regenerative dose dating using a new method of data analysis. QUATERNARY GEOCHRONOLOGY, 9, 65-74	3	4,015	60
H7	Stevens T., Adamiec G., Bird A.F., Luc H., 2013. An abrupt shift in dust source on the Chinese Loess Plateau revealed through high sampling resolution OSL dating. QUATERNARY SCIENCE REVIEWS, 82, 121-132	3	5,571	40
H8	Wang X.L., Wintle A.G., Adamiec G., 2014. Post-IR IRSL production in perthitic feldspar. RADIATION MEASUREMENTS, 64, 1-8	-	1,14 ¹	40
H9	Wang X.L., Du J.H., Adamiec G., Wintle A.G., 2015. The origin of the medium OSL component in West Australian quartz. Journal of Luminescence, 159, 147-157	-	2,367 ¹	40
H10	Bluszcz A., Adamiec G., Heer A., 2015. Estimation of equivalent dose and its uncertainty in the OSL SAR protocol when count numbers do not follow a Poisson distribution. Radiation Measurements. In Press. http://dx.doi.org/10.1016/j.radmeas.2015.01.004	-	1,14 ¹	40

¹Przyjęto IF za 2013

² w przypadku, gdy osiągnięciem tym jest praca/ prace wspólne, należy przedstawić oświadczenia wszystkich jej współautorów, określające indywidualny wkład każdego z nich w jej powstanie

c) omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania.

Celem przeprowadzonych badań była interpretacja wybranych obserwacji eksperymentalnych termicznie i optycznie stymulowanej luminescencji w kwarcu i skaleniach z wykorzystaniem modelu pasmowego tych zjawisk, oraz opracowanie nowych metod analizy danych eksperymentalnych.

1. Wprowadzenie

W latach 60-tych XX wieku powstał pomysł wykorzystania termoluminescencji (TL) do datowania ceramiki archeologicznej (Tite i Waine, 1962, Aitken i inni, 1964). Od tamtego czasu datowanie z zastosowaniem termoluminescencji, a później optycznie stymulowanej luminescencji, rozwijało się nieprzerwanie i doczekało się wielu zastosowań w archeologii i naukach o Ziemi (Wintle, 2008). Możliwość określenia wieku ceramiki wydobytej ze stanowiska archeologicznego, czy też określenie chronologii powstawania osadów geologicznych, ewolucji linii brzegowych, rozwoju teras rzecznych, określenia czasu następowania zjawisk klimatycznych itp. stanowi doskonały przykład wykorzystania fizycznych metod pomiarowych, w geologii, geografii, paleoklimatologii i pokrewnych dziedzinach.

Według McKeevera (1985, str. 8) pierwsze obserwacje termoluminescencji w diamencie zostały opisane prawdopodobnie przez Boyla (1663), a pierwszy opis teoretyczny w oparciu o model pasmowy ciała stałego został opublikowany przez Randalla i Wilkinsa (1945a, b). Zjawisko termoluminescencji polega na tym, iż dany materiał fosforyzujący napromieniony promieniowaniem jonizującym przy podgrzewaniu, nawet długi czas po napromienieniu, emituje światło o natężeniu zależnym między innymi od dawki pochłoniętej, które może być rejestrowane za pomocą fotopowielacza. Termoluminescencja to fosforescencja o czasie zaniku rzędu co najmniej minut w warunkach normalnych.

Pierwsze poważne zastosowanie termoluminescencji w dozymetrii promieniowania jonizującego przypada na rok 1953, kiedy to LiF użyty został do monitorowania promieniowania emitowanego podczas testu jądrowego.

Pomysł wykorzystania zjawiska termoluminescencji do datowania ceramiki opierał się na tym, iż ceramika zawiera minerały wykazujące termoluminescencję, które absorbują promieniowanie jonizujące emitowane przez izotopy promieniotwórcze znajdujące się w otoczeniu danego obiektu i w składzie jego samego. Znajomość całkowitej dawki promieniowania pochłoniętego od wystąpienia ostatniego zdarzenia zerującego wcześniej zgromadzony sygnał (wypalenia w przypadku ceramiki czy ekspozycji na światło dzienne w przypadku osadów geologicznych) oraz mocy dawki promieniowania jonizującego

(określanej mianem dawki rocznej, jeśli wyrażona ona jest w grejach na rok) pozwala na oznaczenie czasu, który upłynął od tegoż zdarzenia.

Zainteresowanie kwarcem jako naturalnym materiałem dozymetrycznym wynika z jego wszechobecności w litosferze, jak i jego właściwościami pozwalającymi na najpewniejsze spośród zbadanych minerałów określenie dawki pochłoniętej, a w rezultacie, wieku osadów geologicznych czy ceramiki. Kwarc wolny jest od zjawiska anomalnego (atermicznego) zaniku luminescencji obserwowanego np. w skaleniach (po raz pierwszy opisanego przez Wintle, 1973). Atermiczny zanik luminescencji czyni te ostatnie dużo mniej odpowiednim materiałem do datowania, choć w ostatnich latach opracowane zostały nowe metody określania wieku z wykorzystaniem skaleni, które roszą duże nadzieje w dziedzinie datowania z wykorzystaniem tego minerału (Buylaert i inni, 2009).

Systematyczny postęp badań prowadzi do udoskonalania technik datowania z wykorzystaniem zjawiska luminescencji – zarówno określania dawki pochłoniętego promieniowania jonizującego, jak i dawki rocznej. Jednym z przełomowych kroków było zastosowanie w 1985 roku optycznie stymulowanej luminescencji (OSL) do datowania osadów geologicznych (Huntley i inni, 1985). W przypadku OSL, pewniejsze jest zerowanie „zegara luminescencyjnego”, zwłaszcza przez wybielenie przez światło słoneczne. Od tego czasu nastąpił dynamiczny rozwój metod datowania z wykorzystaniem OSL pozwalając na określenie wieku różnego rodzaju osadów geologicznych. Zasięg metody to wiek rzędu 200-500 tysięcy lat w sprzyjających warunkach. Wykorzystanie TT-OSL (termicznie indukowanej OSL) wskazuje, iż zasięg może być większy, jednak jest to wciąż tematem debaty.

Kwarc, po uprzedniej absorpcji promieniowania jonizującego, podczas podgrzewania emituje światło. Podczas stymulacji światłem zielonym, niebieskim, a w podwyższonych temperaturach nawet podczerwonym, następuje emisja światła o mniejszej długości fali aniżeli światło stymulujące. Określenie wielkości sygnału w datowanej próbce („naturalnego”), oraz kalibracja przez pomiar sygnału luminescencji indukowanej znanymi dawkami promieniowania, pozwala na określenie dawki równoważnej³ pochłoniętej przez badany kwarc – ta zasada pozwala na wykorzystanie kwarcu do celów dozymetrycznych. Dodatkowo wyznaczenie dawki rocznej, czyli mocy dawki promieniowania jonizującego występującego w miejscu gdzie badany materiał przebywał od momentu zdarzenia zerującego pozwala na określenie jego wieku.

W niniejszym opracowaniu kwestia określania mocy dawki nie jest rozważana - problemy te stanowią odrębny obszar badań. W dorobku autora znajdują się dwie publikacje podające współczynniki pozwalające obliczyć wielkość dawki rocznej przy znajomości koncentracji U, Th i K w danym osadzie [P6, N5, N2].

³ Dawka równoważna jest to dawka promieniowania gamma wywołująca taki sam poziom sygnału luminescencyjnego jak określona dawka rozważanego promieniowania. Różnica między dawką równoważną, a pochłoniętą zależy od rodzaju promieniowania oraz wielkości ziaren. Największa różnica między dawką równoważną, a dawką pochłoniętą występuje dla promieniowania α .

W badaniach TL oraz OSL materiałów naturalnych, takich jak kwarc czy skalenie, występuje szereg trudności, m.in. heterogeniczność materiału naturalnego (różnice własności luminescencyjnych poszczególnych ziaren – patrz np. [P18] i [P15] i tam zacytowane prace), czy mała intensywność luminescencji. Czynniki te powodują, iż prace eksperymentalne muszą być prowadzone w sposób minimalizujący ich wpływ.

Przez długi czas, wieki wyznaczone z wykorzystaniem metod luminescencyjnych obarczone były sporymi niepewnościami (nierzadko 10% i więcej). W miarę zwiększania liczby obserwacji dotyczących TL oraz OSL, pojawiają się nowe techniki datowania, prowadzące do wzrostu precyzji. Wraz ze wzrostem precyzji, pytanie o dokładność uzyskanych wyników zaczęło nabierać wagi. Badanie zjawisk fizycznych leżących u podstaw tej metody jest istotne w celu określenia zakresu jej stosowalności, pewności uzyskanych wyników oraz opracowywania skutecznych protokołów pomiarowych dających jak najpewniejsze wyniki. Pomimo tego, iż sama idea datowania luminescencyjnego jest prosta, w praktyce występuje wiele szczegółowych problemów wymagających rozwiązania w celu uzyskania precyzyjnych i dokładnych wyników. Wszelkie badania w celu osiągnięcia tego celu skupione są w dziedzinie określenia dawki równoważnej poprzez wyodrębnienie odpowiedniego sygnału, którego wzrost wraz ze wzrostem dawki laboratoryjnej jest taki sam w warunkach laboratoryjnych i naturalnych.

Badania własne autora będące przedmiotem niniejszego osiągnięcia naukowego dotyczą różnych aspektów analizy zjawisk wykorzystywanych w dozymetrycznych zastosowaniach naturalnych minerałów, głównie kwarcu, ale także, w jednym przypadku, skaleni.

W szczególności algorytmy genetyczne wykorzystane zostały do znalezienia parametrów modelu numerycznego luminescencji w kwarcu (praca [H1]). Idee tego modelu zostały wykorzystane do zaproponowania eksperymentów mających na celu wyjaśnienie mechanizmu termicznie indukowanej OSL (TT-OSL, prace [H3, H4]) oraz opracowanie nowej interpretacji powstawania średnio-szybkiej składowej krzywej zaniku OSL w kwarcu (praca [H9]). Ponadto, używając podejścia wypracowanego w pracach [H3, H4] wykonano prace doświadczalne pozwalające na nowe spojrzenie na produkcję optycznie stymulowanej luminescencji w skaleniach (praca H8).

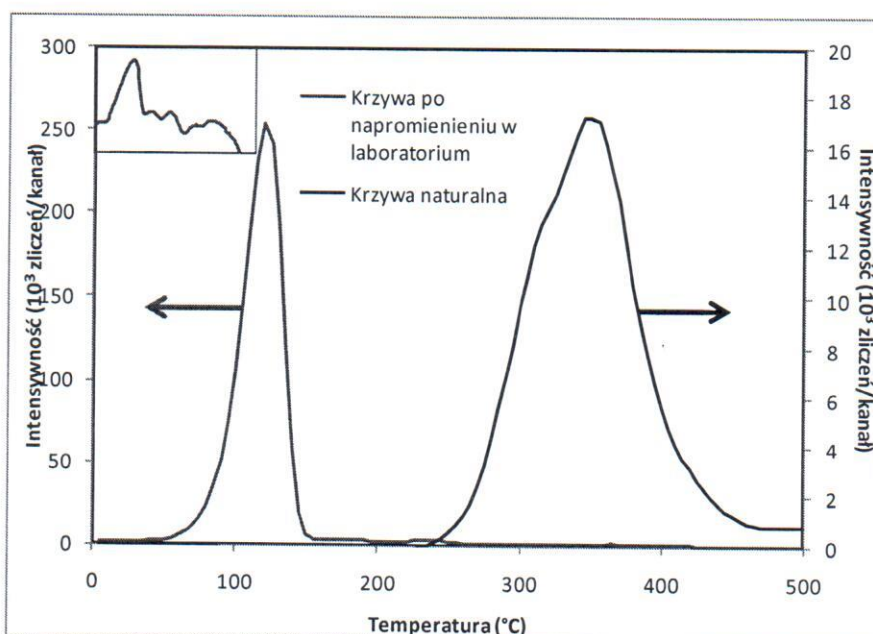
Jednocześnie, w zakresie analizy sygnałów, prowadzone były prace nad wykorzystaniem algorytmu ewolucji różnicowej do rozkładu krzywej zaniku OSL na składowe (praca [H2]) oraz analizą statystyczną wyników pomiarów luminescencji (prace [H5, H10]). Wreszcie zaproponowana została nowa metoda analizy wyników pomiarów OSL (praca [H6]).

Jako zastosowanie analizy kształtu krzywych zaniku OSL obserwowanych w kwarcu wyekstrahowanym z lessów chińskich pozwoliła na zaproponowanie wykorzystania tej metody do badania różnic miejsc pochodzenia różnych części profilu lessowego (praca [H7]).

Zanim przejdę do szczegółowego omówienia wyników moich badań przedstawię informacje wstępne.

Termoluminescencja w kwarcu

Krzywe jarzenia TL powstają w wyniku rejestracji luminescencji emitowanej podczas podgrzewania materiału luminescencyjnego przy temperaturze rosnącej najczęściej liniowo, z zadaną szybkością. W przypadku kwarcu, krzywa jarzenia składa się z kilku pików. Kształt krzywej jarzenia zależy od obecnych w materiale centrów elektronowych i rekombinacyjnych, zakresu długości fali, w którym dokonywana jest detekcja emitowanego światła oraz szybkości grzania.

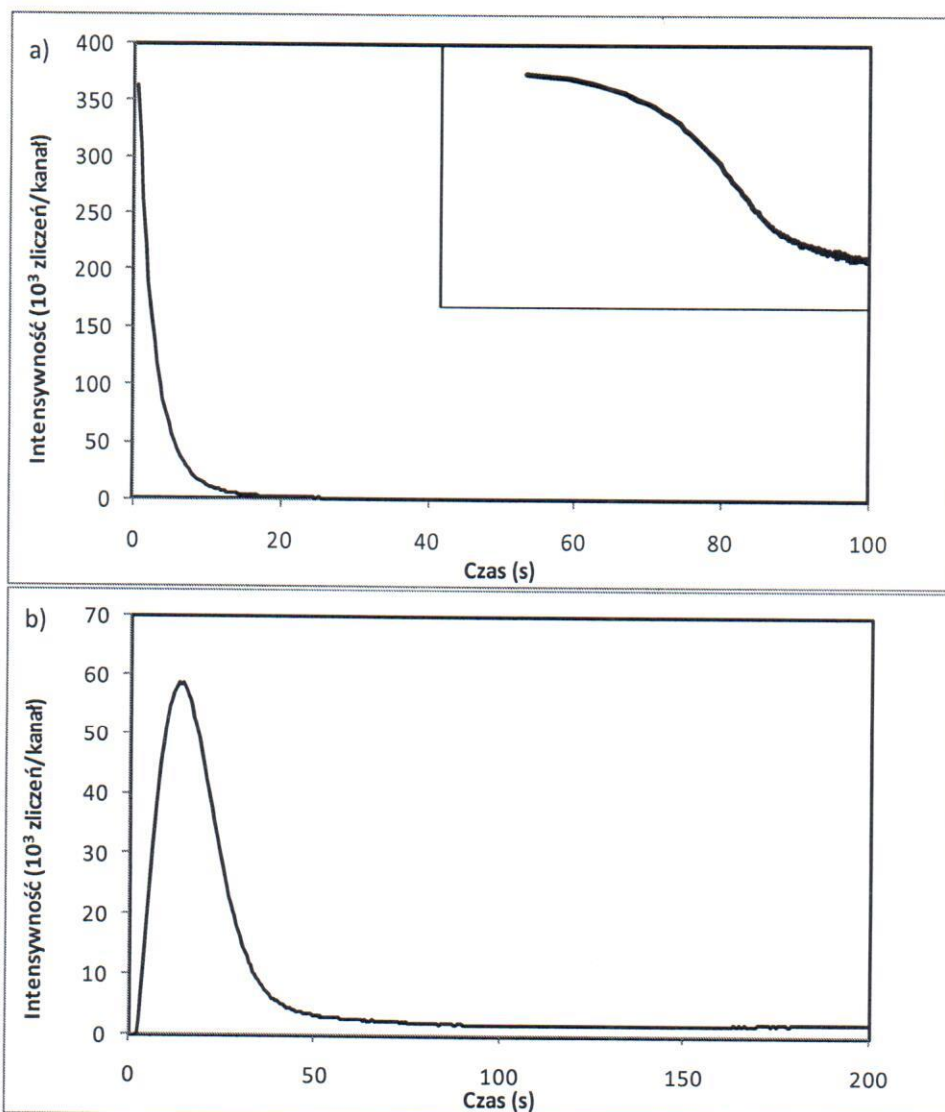


Ryc. 1: Krzywe jarzenia kwarcu naturalnego oraz po napromienieniu w laboratorium. Mały wykres w górnym, lewym rogu przedstawia krzywą po dawce laboratoryjnej przy intensywności odłożonej w skali logarytmicznej.

Na Ryc. 1 przedstawiono przykłady krzywych jarzenia dla ziaren kwarcu wyseparowanego z próbki osadu geologicznego – krzywa jarzenia dla próbki geologicznej („naturalnej”) oraz dla kwarcu świeżo napromienionego w laboratorium. Piki, które pojawiły się w zakresie niższych temperatur są termicznie niestabilne i w naturalnych próbkach nie występują, natomiast po napromienieniu w laboratorium, zanikają także w temperaturze otoczenia z prędkością zależną od ich stabilności termicznej. W kwarcu obserwuje się kilka charakterystycznych pików, które obserwowane są w naturalnych kwarcach pochodzących z różnych stanowisk. Względna i bezwzględna intensywność poszczególnych pików jest różna w różnych próbkach. Przegląd właściwości różnych pików w kwarcu znaleźć można np. w Spooner i Questiaux (2000).

Optycznie stymulowana luminescencja

Optycznie stymulowana luminescencja jest emitowana przy ekspozycji materiału luminescencyjnego napromienionego promieniowaniem jonizującym na światło stymulujące. Emitowana luminescencja ma długość fali krótszą aniżeli światło stymulujące. Ponieważ natężenie światła stymulującego jest o kilka rzędów wielkości większe od natężenia rejestrowanego światła konieczne jest stosowanie odpowiedniego filtrowania światła docierającego do detektora światła – najczęściej fotopowielacza, a czasami w pomiarach luminescencji poszczególnych ziaren, kamery CCD. Standardowo dla kwarcu stosuje się pasmo detekcji 320-360 nm.



Ryc. 2: a) Krzywa zaniku OSL próbki kwarcu mierzona w temperaturze 160°C. Wykres w górnym prawym rogu przedstawia tę samą krzywą w skali logarytmiczno-logarytmicznej, b) krzywa LM OSL próbki kwarcu mierzona w temperaturze 160°C.

Ryc. 2a przedstawia przykładową krzywą zaniku OSL kwarcu zarejestrowaną podczas stymulacji próbki światłem niebieskim o natężeniu około 30 mW cm^{-2} w temperaturze 160°C . Na Ryc. 2b przedstawiono przykładową krzywą LM OSL (Linearly Modulated OSL), czyli intensywność świecenia zarejestrowaną przy liniowo rosnącym natężeniu światła stymulującego – pozwala to na łatwe wizualne rozróżnienie składowych szybko zanikających pod wpływem światła stymulującego.

Na podstawie modelu luminescencji w kwarcu (patrz następny podrozdział), przy założeniu, że ponowne pułapkowanie elektronów wzbudzonych do pasma przewodnictwa jest zaniedbywalne, stymulacja światłem o stałym natężeniu prowadzi do krzywej zaniku składającej się z sumy krzywych zanikających eksponencjalnie. Przy stymulacji światłem o natężeniu rosnącym liniowo, składowe są opisane równaniem:

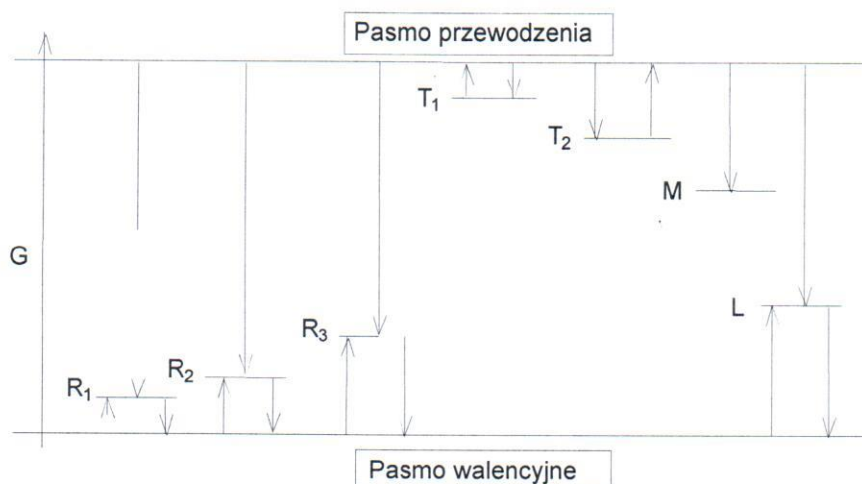
$$I_n(t) = Ab \frac{t}{P} e^{-bt^2/2P} \quad (1)$$

gdzie I_n – intensywność n -tej składowej w funkcji czasu, A – amplituda, b – stała proporcjonalna do przekroju czynnego na wzbudzenie elektronu w danej pułapce do pasma przewodnictwa w interakcji z fotonem oraz do maksymalnego strumienia fotonów w danym eksperymencie, P – całkowity czas pomiaru.

2. Model luminescencji w kwarcu

Kwarc jest nieprzewodzącym kryształem o skośnej przerwie energetycznej. Z powodu skośności przerwy i tego, że podczas pomiarów absorpcji optycznej dochodzi do powstawania ekscytonów, dokładne określenie jej szerokości jest bardzo trudne. Szacuje się, że przerwa energetyczna w kwarcu ma szerokość (optyczną) ok. $7,4 \text{ eV}$ (Huntley i inni, 1996).

Najwcześniejszy i najprostszy fizyczny model tego zjawiska obejmuje elektronowe i dziurowe poziomy pułpkowe w pasmie zabronionym (Randall i Wilkins, 1945a i 1945b). Promieniowanie jonizujące powoduje wzbudzenie elektronów do pasma przewodnictwa. Elektrony znajdujące się w pasmie przewodnictwa mogą ulec rekombinacji z dziurami spułapkowanymi w poziomach dziurowych, lub też zostać uwięzione w metastabilnych pułapkach, które mogą być na tyle głębokie, iż praktycznie uniemożliwiają w warunkach normalnych, termiczne wzbudzenie z nich elektronów do pasma przewodnictwa. Dopiero podgrzanie materiału luminescencyjnego lub optyczna stymulacja umożliwiają uwolnienie elektronów, oraz ich przejście do pasma przewodnictwa. Po przejściu do pasma przewodnictwa, elektrony mogą rekombinować z dziurami znajdującymi się w centrach rekombinacyjnych lub zostać ponownie spułpkowane w pułapkach elektronowych. W przypadku rekombinacji z dziurami spułpkowanymi w centrach luminescencyjnych dochodzi do emisji światła.



Ryc. 3: Model luminescencji w kwarcu za [P13]. W przerwie energetycznej znajdują się pałeczki elektronowe T_1 , T_2 oraz M (M reprezentuje wszystkie pałeczki elektronowe głębsze od T_1 i T_2) oraz pałeczki dziurowe R_1 , R_2 , R_3 oraz L , gdzie L oznacza centra rekombinacyjne emitujące światło w pasmie detekcji.

Z czasem ten prosty model został uzupełniony i poszerzony. W celu wyjaśnienia zjawiska zmiany czułości luminescencyjnej⁴ kwarcu w wyniku napromieniania i podgrzewania konieczne było wprowadzenie do modelu kilku dziurowych centrów pałeczkowych (Zimmerman, 1971). Implementacja matematyczna tego modelu wymaga m.in. określenia wartości parametrów opisujących centra pałeczkowe. Termiczny transfer dziur między centrami rekombinacyjnymi prowadzi do obserwowanej zmiany czułości.

Zastosowanie modelu numerycznego do symulacji zmian czułości luminescencyjnej

Bailey (2001) opisał rozwinięty numeryczny model optycznie stymulowanej luminescencji, który pozwalał odtworzyć zmiany czułości obserwowane w kwarcu poddawany cyklom napromieniania, stymulacji optycznej oraz podgrzewaniu. W pracy doktorskiej (wyniki opublikowane zostały także w publikacji [P13]) wykazałem, iż podobny model do zaproponowanego przez Baileya, wzbogacony o dodatkowe centrum dziurowe może również jakościowo opisywać zmiany czułości, tzw. zjawiska pre-dose, obserwowanego dla piku termoluminescencyjnego obserwowanego w temperaturze 110°C, w kwarcu podgrzewanym do coraz wyższych temperatur. Parametry modelu w tych pracach określone zostały metodą prób i błędów.

Interesującą była odpowiedź na pytanie czy owa zdolność modelu do odtwarzania zmian czułości w kwarcu jest jedynie wynikiem faktu, iż zaproponowany model numeryczny opisywany jest wielością parametrów, czy też możliwe jest dokładne odwzorowanie zmian

⁴ Czułością luminescencyjną nazywamy wielkość wybranego sygnału luminescencyjnego – np. zsumowaną powierzchnię piku TL lub wielkość sygnału OSL – emitowanego w odpowiedzi na określoną pochłoniętą dawkę promieniowania jonizującego

czułości obserwowanych w kwarcu naturalnym? W roku 2003, dzięki dr Talavera, zetknąłem się z algorytmami genetycznymi, które pozwalają znaleźć globalne ekstremum funkcji w zadeklarowanej wielowymiarowej przestrzeni parametrów. Postanowiłem sprawdzić czy zastosowanie algorytmów genetycznych pozwoli na odtworzenie kształtów charakterystyki aktywacji termicznej (TAC) w różnych rodzajach kwarcu. Algorytmy genetyczne posłużyły do minimalizacji sumy kwadratów różnic między eksperymentalną krzywą aktywacji termicznej, a numerycznie symulowaną procedurą możliwie dokładnie odpowiadającą stosowanym protokołom eksperymentalnym. Pomimo konieczności dopasowania kilkudziesięciu parametrów, zastosowanie algorytmu genetycznego opisane w pracy [H1] okazało się bardzo skuteczne i pozwoliło na odtworzenie kształtów TAC w czterech różnych próbkach kwarcu wykazujących odmienne kształty TAC. To z kolei pozwoliło na uprawdopodobnienie adekwatności zaproponowanego modelu numerycznego do opisu luminescencji w kwarcu.

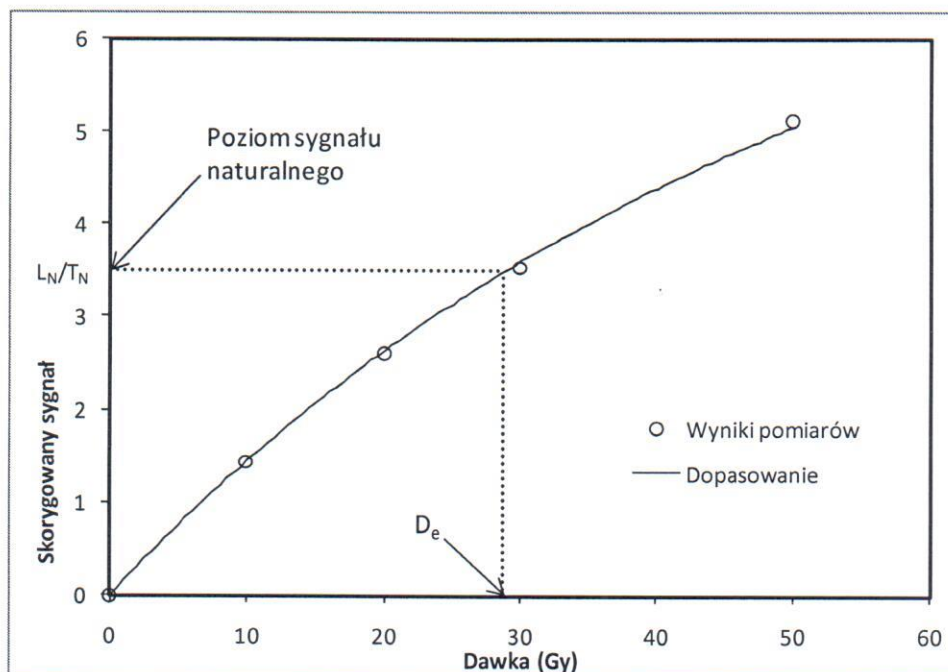
3. Termicznie Indukowana Optycznie Stymulowana Luminescencja (thermally transferred optically stimulated luminescence TT-OSL) oraz pochodzenie składowej średnio-szybkiej

Jak wspomniano wyżej, w latach 60-tych XX wieku rozwinięte zostało datowanie metodą TL. O ile zastosowanie TL do materiałów wypalanych, np. cegieł, czy ceramiki archeologicznej, okazało się często dawać oznaczenia poprawne dla próbek o znanym wieku, o tyle w zastosowaniu do osadów geologicznych, TL często daje wyniki znacząco odstające od oczekiwanych. Rozwiązaniem okazało się zastosowanie optycznie stymulowanej luminescencji (OSL), która jest skutecznie gaszona przez światło słoneczne.

W początkowym okresie wykonywano datowanie z zastosowaniem wielu naważek – krzywa wzrostu OSL z dawką była konstruowana z użyciem wielu porcji kwarcu (naważek – ang. aliquots) napromienionych różnymi dawkami addytywnymi do naturalnej. Taka procedura może być rozumiana jako kalibracja materiału dozymetrycznego jakim jest dany naturalny kwarc. Zakłada się przy tym, iż ziarna znajdujące się na poszczególnych dyskach mają takie same właściwości.

W 1998 roku, Murray i Roberts zaproponowali protokół SAR (Single-aliquot Regenerative-dose), która pozwala na otrzymanie krzywej kalibracji dla każdej naważki. Dalsze udoskonalenie tej procedury zostało przedstawione przez Murraya i Wintle (2000). Wartość dawki równoważnej dla każdej naważki jest otrzymywana przez pomiar sygnału naturalnego, konstrukcję krzywej wzrostu sygnału luminescencyjnego poprzez pomiar wielkości luminescencji po napromienieniu kwarcu rosnącymi dawkami, a następnie interpolację sygnału naturalnego (Ryc. 4 przedstawia ten proces). Takie podejście ogranicza błędy związane np. z heterogenicznością właściwości poszczególnych ziaren.

Maksymalna dawka równoważna możliwa do wyznaczenia z wykorzystaniem OSL zależy od dawki, przy której dochodzi do nasycenia sygnału. Zazwyczaj granicą jest 200-400 Gy, co ogranicza wiek osadu możliwy do oznaczenia. Przy dawce rocznej ok. 4 Gy na tysiąc lat, daje to ograniczenie wieku do ok. 100 tys. lat, choć w sprzyjających warunkach bardzo niskiej dawki rocznej zasięg 500 tysięcy lat też może być osiągnięty.



Ryc. 4: Wyznaczanie wartości dawki równoważnej za pomocą procedury SAR. Na osi rzędnych odkładana jest wartość znormalizowanego poziomu OSL. Krzywa wzrostu dopasowywana jest funkcją eksponencjalną, a wartość dawki odpowiadającej poziomowi naturalnemu sygnału (D_e), tzw. dawka równoważna, otrzymywana jest przez interpolację sygnału naturalnego.

W dyscyplinach, w których wykorzystywane są różne metody datowania często istnieje potrzeba zwiększenia zasięgu datowania. W 2006 roku została zaproponowana nowa metoda datowania oparta o termicznie indukowaną optycznie stymulowaną luminescencję (thermally transferred optically stimulated luminescence TT-OSL; Wang et al., 2006a, 2006b). Metoda ta pozwoliła na wyznaczenie wieku lessów chińskich mających 780 tysięcy lat (granica Brunhes-Matuyamy między epokami magnetycznymi z czasu ostatniego odwrócenia biegunów magnetycznych Ziemi) z niepewnością 20 tysięcy lat. Wywołało to żywe zainteresowanie tą metodą.

W metodzie TT-OSL „tradycyjny” sygnał OSL jest optycznie wygaszany, a następnie próbka jest podgrzewana przez określony czas (najczęściej 10-40 s) do określonej temperatury (najczęściej 260°C). Następnie dokonuje się pomiaru OSL (szczegóły procedury pomiarowej dane są w pracy Wang’a i innych, 2006a). Ten sygnał OSL jest indukowany w wyniku podgrzania. Procedura opisana przez Wang’a i innych (2006a) pokazuje, iż sygnał TT-OSL

wzrasta w bardzo szerokim zakresie dawek, dużo szerszym aniżeli „tradycyjny” OSL. Nasycenie sygnału nie jest osiągnięte nawet przy dawce równoważnej 10 kGy.

W 2006 roku, podczas dwumiesięcznego pobytu w Department of Geography w Royal Holloway, University of London, w ramach projektu Centrum Doskonałości GADAM realizowanego na Politechnice Śląskiej, oraz dwumiesięcznego stypendium przyznanego mi przez Royal Society wraz z dr Richardem Baileyem, dr Xulongiem Wangiem i prof. Ann Wintle, inicjatorką tych badań, podjęliśmy prace mierzące do wyjaśnienia fizycznych podstaw tej nowej metody. Owocem tych prac była publikacja [H3], w której pokazaliśmy, iż pierwotnie proponowany mechanizm produkcji TT-OSL z dużym prawdopodobieństwem nie był poprawny, a właściwym źródłem sygnału TT-OSL są głębsze pułapki elektronowe, mało czułe na światło (aczkolwiek wystarczająco czułe, aby wcześniej zgromadzony sygnał był wygaszony w dobrze wybielonych osadach do jakich należą np. lessy chińskie).

Kontynuacja badań, z mojej inicjatywy i według mojego pomysłu, miała miejsce w 2009 roku, kiedy to w ramach projektu ATIS realizowanego na Politechnice Śląskiej w programie Marie-Curie Transfer of Knowledge odbyłem 3 miesięczny staż w Department of Geography przy University of Wales w Aberystwyth. Przy współudziale prof. Dullera, dr Roberts oraz prof. Wintle podjąłem prace mierzące do dokładniejszego określenia pułapek źródłowych TT-OSL. W wyniku tych prac powstała publikacja [H4]. Przyjęta tutaj technika wykorzystwała pomiary TL i OSL. Wykonane eksperymenty zaplanowane zostały przy założeniu poprawności modelu luminescencji w kwarcu opisanego wcześniej. Zaproponowane podejście okazało się odpowiednie i pozwoliło na wskazanie pułapek źródłowych sygnału TT-OSL, oraz określenie parametrów kinetycznych tych pułapek. To z kolei pozwoliło na określenie po raz pierwszy czasu życia elektronów w tych pułapkach i oszacowanie zasięgu datowania z wykorzystaniem TT-OSL. Prace [H3] oraz [H4] są obecnie cytowane przez większość prac zajmujących się podstawami metody TT-OSL.

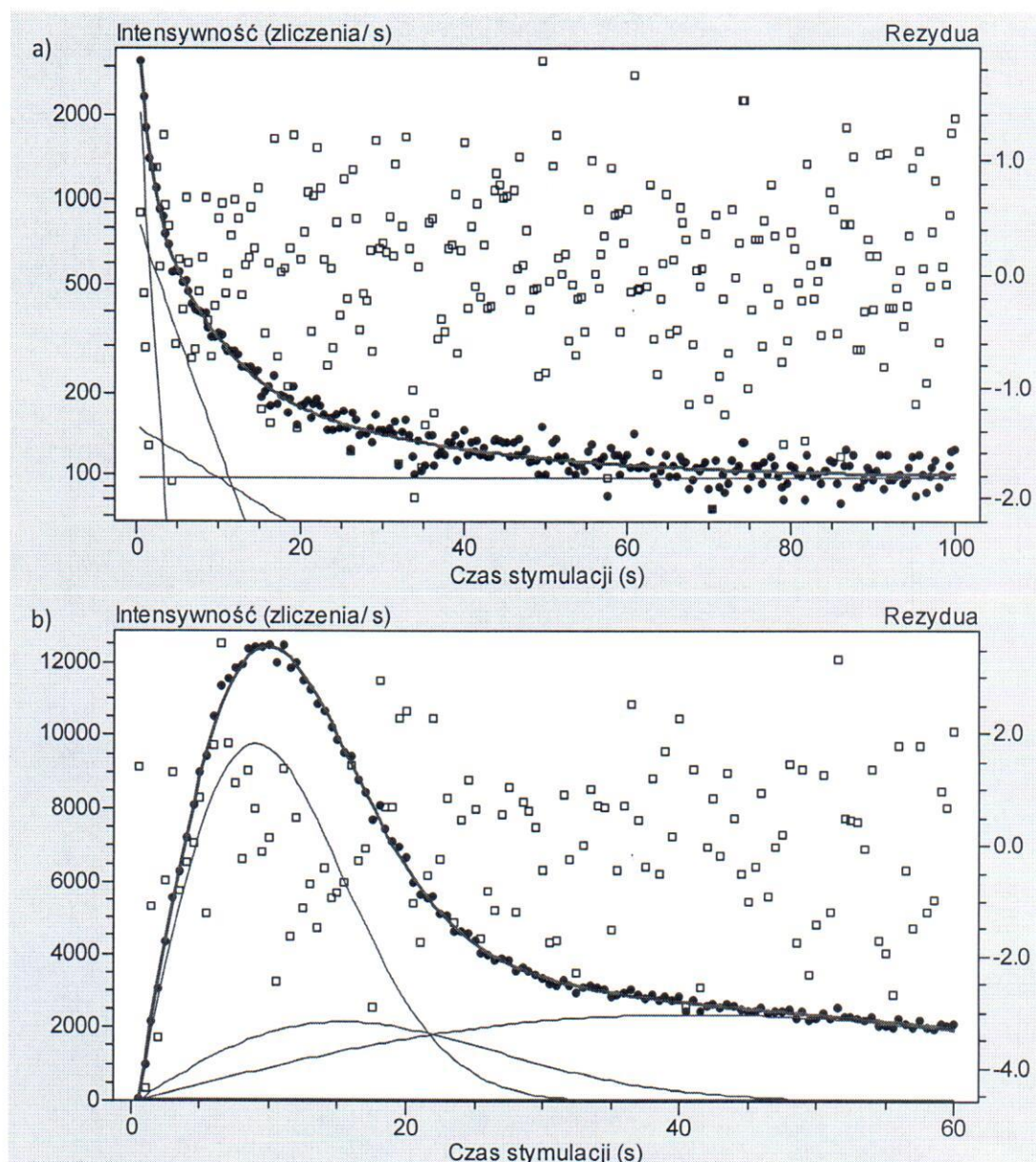
Metoda opracowana w ramach pracy [H4] oparta o pomiary krzywej jarzenia oraz obliczanie różnicowych krzywych jarzenia okazała się niezwykle przydatna w określeniu źródła składowej średnio-szybkiej OSL. Badania te zostały zainicjowane przez dr Wang z Institute of Earth Environment przy Chińskiej Akademii Nauk w Xi'an w Chinach, a wyniki zostały opublikowane w pracy [H9]. W trakcie prowadzenia prac zaproponowałem nowe eksperymenty oraz ulepszenia w zaproponowanych przez dr Wang eksperymentach, które uprawdopodobniłyby hipotezę o pochodzeniu składowej średnio-szybkiej krzywej zaniku OSL. Hipotezy tej, nie udało się obalić przez żaden zaproponowany eksperyment, a wykonane prace doświadczalne wskazują, iż składowa średnio-szybka powstaje dzięki pośrednictwu piku TL obserwowanemu w temperaturze 170°C.

4. Rozwój metod analizy danych

Składowe krzywej zaniku OSL

Biorąc pod uwagę istnienie wielu pików termoluminescencyjnych oraz model pasmowy luminescencji (patrz rozdział **Error! Reference source not found.**) uzasadnioną wydaje się hipoteza, iż krzywe zaniku OSL złożone są z kilku składowych o różnych szybkościach zaniku. Po raz pierwszy zwrócili na to uwagę Bailey i inni (1997), popierając to obserwacjami eksperymentalnymi. W szczególności opisana została składowa wolno zanikająca i na tej podstawie autorzy wysunęli hipotezę, iż w warunkach naturalnych wolno zanikająca składowa nie jest zawsze całkowicie wygaszona, zwłaszcza jeśli ekspozycja na światło słoneczne jest bardzo krótka. Nie uwzględnienie tego faktu może prowadzić do niepoprawnej wartości dawki pochłoniętej i, w konsekwencji, wieku. Z tego względu, rozłożenie krzywej zaniku OSL na składowe staje się bardzo istotne w datowaniu, ponieważ tradycyjnie stosowanym sygnałem OSL jest suma zliczeń zarejestrowanych w ciągu pierwszych 1-2 sekund zaniku pomniejszonych o tło, którego miarę określa się na podstawie dalszego fragmentu krzywej zaniku. Na Ryc. 5a pokazano w skali logarytmicznej przykładową krzywą zaniku OSL oraz dopasowane składowe eksponencjalne. Widać na tej rycinie, że jeśli zsumować zliczenia z pierwszych 1-2 sekund i odjąć tło określone na podstawie kilku ostatnich sekund, to otrzymana wartość będzie zdominowana przez najszybszą składową, ale wkład pochodzący od wolniejszych składowych będzie również niepomijalny. Rozkład na składowe pozwala na określenie liczby zliczeń pochodzących wyłącznie od składowej najszybszej (a zatem tej, która z największym prawdopodobieństwem została wygaszona w warunkach naturalnych, np. w czasie depozycji datowanego osadu).

Przy rozkładzie krzywych zaniku OSL na składowe eksponencjalne należy zachować ostrożność, a wnioski wyciągać tylko po upewnieniu się, iż wykryte składowe są rzeczywiste, ponieważ problem dopasowywania krzywych zaniku sumą eksponent może być matematycznie nieokreślony (np. Istratev i Vyvenko, 1999), tzn. statystyka zliczeń uzyskanych w pomiarach może nie pozwolić na rozróżnienie obecnych składowych, jeżeli jednak statystyka jest zadowalająca, można te składowe rozróżnić i dokonać poprawnego dopasowania. Ponadto, jak wykazano w pracy [P15]; krzywe zaniku OSL otrzymywane dla naważek próbek heterogenicznych mogą być rozłożone na składowe, których istnienie wynika jedynie z tejże heterogeniczności i sumowania składowych o różnych stałych zaniku dla poszczególnych ziaren, a nie z faktu ich pochodzenia z różnych centrów elektronowych.



Ryc. 5: Przykładowy wynik rozkładu krzywej zaniku OSL (a) oraz krzywej LM OSL (b). Z wykresu a) widać, iż zsumowanie zliczeń z pierwszych 1-2 s powodowałoby włączenie zliczeń należących do wolniejszych składowych aniżeli najszybsza składowa.

Skuteczne rozłożenie krzywej zaniku na sumę kilku składowych eksponencjalnych za pomocą metody najmniejszych kwadratów z zastosowaniem algorytmów deterministycznych (np. Levenberga-Marquarda) wymaga podania wartości początkowych parametrów dopasowywanych blisko właściwego rozwiązania (minimum globalnego), ponieważ doświadczenie pokazuje, iż algorytmy deterministyczne często znajdują lokalne minima sumy kwadratów. Ten sam problem dotyczy dopasowywania sumy składowych do krzywej LM-OSL.

Zastosowanie algorytmu ewolucji różnicowej i jego istotna modyfikacja pozwoliły na uzyskanie bardzo efektywnego algorytmu dopasowywania sum składowych eksponencjalnych do zaniku OSL (lub sumy składowych postaci (1) do krzywej LM-OSL).

Opracowany algorytm przedstawiony został w pracy [H2]. Algorytm ten wymaga jedynie zdefiniowania zakresu zmienności stałych zaniku. Ponadto, zastosowano tam statystykę F do znalezienia maksymalnej liczby składowych uzasadnionych statystycznie dla danego zestawu danych. Dzięki temu uzyskane zostało dobre narzędzie pozwalające na w pełni automatyczne i efektywne rozkładanie krzywych zaniku OSL, lub krzywych LM OSL, na składowe.

W nurcie analizy danych pomiarowych pozostają prace [H5] oraz [H10]. W pracach tych opracowany jest model statystyczny pomiarów luminescencji z wykorzystaniem fotopowielacza. Dotychczas, w algorytmach dopasowywania danych przyjmowane jest założenie, iż liczba zliczeń fotonów rejestrowana przez układy w których do rejestracji używany jest fotopowielacz w trybie zliczania pojedynczych fotonów, podlega rozkładowi Poissona. Jednak obserwacje zakresu zmienności znormalizowanych rezyduów w pracy [H2], doprowadziło mnie do wniosku, iż odchylenie standardowe liczby zliczeń jest większe od pierwiastka z liczby zliczeń, co byłoby obserwowane w przypadku rozkładu Poissona. Szczegółowe eksperymenty oraz opracowanie danych doprowadziło do powstania pracy [H5]. W pracy tej ze współautorami pokazaliśmy, iż wariancja liczby zliczeń uzyskanych za pomocą fotopowielacza jest proporcjonalna do liczby zliczeń, ze współczynnikiem proporcjonalności większym od 1, w dodatku różnym dla zliczeń pochodzących od fotonów i zliczeń biegu własnego.

Statystyka zliczeń została poddana bardziej szczegółowej analizie w pracy [H10], gdzie wraz ze współautorami wykazujemy, iż zliczenia pochodzące od fotonów, są statystycznie niezależne od zliczeń biegu własnego fotopowielacza, a liczby zliczeń obu rodzajów podlegają różnemu rozkładowi negatywnemu dwumianowemu. Wiedza ta z kolei pozwoliła zaproponować zmodyfikowane wagi wyników w procedurze dopasowania krzywej wzrostu (patrz Ryc. 4) prowadząc do otrzymywania nieobciążonych estymatorów dawki równoważnej D_e .

Nowa metoda analizy danych do SAR OSL

W pracy [H6] zaproponowany został nowy sposób opracowywania danych pomiarów OSL w procedurze SAR, gdzie zamiast budowania krzywych wzrostu z wykorzystaniem stosunków L/T (sygnał luminescencyjny L podzielony przez sygnał normalizacyjny T) zaproponowane zostały wykresy L względem T . Współczynniki kierunkowe otrzymanych prostych są wówczas używane do budowania krzywej wzrostu oraz do obliczania D_e . W badanym kwarcu procedura ta pozwoliła na uzyskanie dokładniejszej i precyzyjniejszej wartości dawki odtworzonej (dose recovery), aniżeli podejście tradycyjne.

5. Zastosowanie charakterystyki sygnału do określania proveniencji kwarcu

Wcześniejsza praca nad kształtem krzywych zaniku OSL [H2] doprowadziła do zaproponowania mi współpracy przez dr Thomasa Stevensa, który zaobserwował pewne anomalie rozkładu wieków uzyskanych dla próbek z profilu lessowego Beiguoyuan. Pomysł polegał na sprawdzeniu czy krzywe zaniku w anomalnym odcinku badanego profilu lessowego wykazują cechy odróżniające ten kwarc od pozostałych części badanego profilu, co wydało się być potwierdzone przez możliwą obecność składowej ultraszybkiej zaniku OSL. Obserwacja ta, w połączeniu z analizą krzywych zaniku OSL z zaproponowaną przeze mnie analizą zawartości minerałów ciężkich, oraz przy uwzględnieniu innych wskaźników w profilu pozwoliło na wysnucie wniosku, iż kwarc w anomalnej części profilu, z dużym prawdopodobieństwem ma inne źródło pochodzenia aniżeli reszta profilu. To z kolei ma implikacje w badaniach paleoklimatycznych wschodniej Azji. Wyniki tej pracy zawarte są w pracy [H7].

6. Pochodzenie sygnału post-IR IRSL w skaleniach

Metoda badań opracowana w pracach [H4] oraz [H9], polegająca na połączeniu pomiarów TL oraz OSL, okazała się owocna w badaniach skaleni podjętych we współpracy z dr Wangiem oraz prof. Wintle. Sygnał IRSL (Infrared Stimulated Luminescence), wcześniej stosowany w datowaniu z wykorzystaniem skaleni charakteryzuje się, podobnie do termoluminescencji emitowanej przez skalenie, atermicznym zanikiem, a to z kolei prowadzi do zaniżania uzyskiwanych wartości dawki równoważnej. Atermiczny zanik luminescencji związany jest z faktem zachodzenia rekombinacji zlokalizowanej za pośrednictwem zjawiska tunelowania elektronów z pułapek elektronowych do centrów rekombinacyjnych.

Kilka lat temu (Buylaert i inni, 2009) pojawiła się propozycja użycia sygnału post-IR IRSL. W tym przypadku „tradycyjny” sygnał IRSL jest optycznie wygaszany, następnie skałen jest podgrzewany do stosunkowo wysokiej temperatury (np. 290°C). W następnej kolejności ponownie mierzony jest sygnał IRSL (oznaczany zazwyczaj jako post-IR IRSL₂₉₀). Ten wyindukowany sygnał cechuje termiczna stabilność i wydaje się, iż uzyskane wieki są często bliższe oczekiwanych wyników i są bardziej zgodne z wynikami uzyskanymi za pomocą innych metod datowania, jeśli takowe są możliwe do zastosowania. Od chwili zaproponowania tej techniki stawiane było pytanie o źródło elektronów odpowiedzialnych za ten sygnał.

Udzielenia odpowiedzi na to pytanie podjęli się m.in. Jain i Ankjærgaard (2011) oraz Andersen i inni (2012). Z ich badań wynika, iż źródło sygnału IRSL oraz post-IR IRSL jest takie samo w przeciwieństwie do postulatów wysuwanych przez inne grupy (np. Li i Li, 2011a, 2011b).

Wysiłek podjęty w pracy [H8] pozwolił na osiągnięcie podobnej konkluzji przez wykonanie zupełnie innego rodzaju eksperymentów, aniżeli zacytowane prace. Ponadto pokazaliśmy, iż sygnał post-IR IRSL jest produktem ubocznym wcześniejszej produkcji sygnału IRSL.

7. Omówienie możliwości wykorzystania uzyskanych wyników

Osiągnięte wyniki mogą zostać wykorzystane w następujący sposób:

1. Metody wypracowane w określaniu pochodzenia TT-OSL mogą zostać wykorzystane do określania czasu życia nośników w różnych poziomach pułapkowych, a co za tym idzie, określania zakresu stosowalności różnych protokołów pomiarowych wykorzystujących OSL i TL w zastosowaniach dozymetrycznych
2. Metody wypracowane w badaniach skalenii, mogą zostać wykorzystane do badania pochodzenia różnych sygnałów OSL i TL w różnych kryształach
3. Wyniki dotyczące statystyki zliczeń impulsów uzyskanych za pomocą fotopowielacza mogą zostać wykorzystane do lepszego szacowania błędów pomiarowych w pomiarach luminescencyjnych oraz opracowanie pewniejszych metod szacowania dawki równoważnej i jej niepewności
4. Algorytmy adaptacyjne, w szczególności genetyczne i ewolucji różnicowej stanowią narzędzia poszukiwania globalnych ekstremów w wieloparametrycznych zagadnieniach optymalizacyjnych o dużo niższym ryzyku utkwienia w lokalnym ekstremum. Ich implementacja jest prosta i jednocześnie pozwala rozwiązać złożonych zagadnień optymalizacyjnych.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo - badawczych (artystycznych).

Praca magisterska – datowanie ceramiki z Kazimierzy Wielkiej

Pierwsze moje zetknięcie z datowaniem luminescencyjnym miało miejsce na studiach. Na początku drugiego roku zaangażowałem się w prace Zakładu Zastosowań Radioizotopów Instytutu Fizyki Politechniki Śląskiej. Pierwsze prace dotyczyły użycia scyntylicyjnych spektrometrów gamma do określania aktywności właściwej naturalnych izotopów promieniotwórczych w próbkach osadów geologicznych.

Na piątym roku wyjechałem na 3-miesięczne stypendium do Research Laboratory for Archaeology and the History of Art przy uniwersytecie w Oksfordzie gdzie zastosowałem termoluminescencję do datowania polimineralej frakcji drobnoziarnistej wyekstrahowanej z ceramiki archeologicznej. Na podstawie tej pracy powstała moje praca magisterska oraz pierwsza publikacja [N6].

Asystent naukowy – praca w dziedzinie dozymetrii wypadkowej

Pierwszy zagraniczny staż naukowy po uzyskaniu tytułu magistra miał miejsce rok po studiach, kiedy to udałem się do Research Laboratory for Archaeology and the History of Art przy uniwersytecie w Oksfordzie. Podjąłem tam pracę naukową przy projekcie finansowanym przez Komisję Europejską dotyczącym dozymetrii wypadkowej z wykorzystaniem powszechnie spotykanych materiałów ceramicznych do określania dawki promieniowania po wypadkach radiacyjnych. W szczególności pracowałem nad wykorzystaniem do celów dozymetrycznych cegieł i porcelanowych izolatorów elektrycznych. Badane materiały pochodziły ze stanowisk na Białorusi oraz Ukrainie, zebrane po awarii elektrowni jądrowej w Czernobylu. Z tego okresu pochodzą dwie prace [P21] i [P22]. Poświęcone były one określaniu dawki pochłoniętej (do celów dozymetrii wypadkowej) przez powszechnie dostępne porcelanowe przedmioty z wykorzystaniem piku TL obserwowanego w temperaturze 230°C.

Studia doktoranckie

Bezpośrednio po zatrudnieniu jako asystent naukowy, Research Laboratory for Archaeology and the History of Art przy uniwersytecie w Oksfordzie przyznało mi stypendium na podjęcie studiów doktoranckich. Wynikiem była praca doktorska pt. „Aspects Of Pre-Dose And Other Luminescence Phenomena In Quartz Absorbed Dose Estimation.”. W pracy tej zajmowałem się zmianami czułości termoluminescencji w kwarcu, badając m.in. wykorzystanie porcelany do celów dozymetrycznych, heterogenicznością właściwości luminescencyjnych kwarcu, zarówno w postaci ziaren, jak i skruszonych naturalnych kryształów oraz możliwymi konsekwencjami takiej heterogeniczności oraz modelowaniem numerycznym zjawiska pre-dose. Wyniki z pracy doktorskiej opublikowane zostały w czterech publikacjach [P13, P14, P15, P18]. Z tego okresu pochodzi też publikacja [P19], niezwiązana z głównym nurtem badań podjętych w doktoracie, a poświęcona możliwości użycia NaCl do celów dozymetrycznych.

Stypendium post-doc w Max Planck Institute for Biogeochemistry w Jenie

Po zakończeniu studiów doktoranckich podjąłem posadę post-doc w nowo powstałym laboratorium AMS w Max-Planck Institute for Biogeochemistry w Jenie w Niemczech. W czasie tego stypendium brałem udział w organizacji pracy tego nowego laboratorium, a w szczególności moim zadaniem było stworzenie systemu przepływu informacji laboratoryjnej (Laboratory Information System – LIMS) o akronimie AMSIS. Stworzenie systemu wymagało analizy procesów pomiarowych i przepływu danych w laboratorium. Istotną funkcją systemu

było ułatwienie przepływu informacji, a także, pomoc w zapewnieniu jakości otrzymywanych wyników. Zdobyte doświadczenie okazało się bardzo pomocne w organizowaniu pracy Laboratorium Datowania Luminescencyjnego w Gliwicach, w późniejszym okresie. System AMSIS stworzyłem w języku Visual Basic korzystającym z bazy danych IBM DB2. Nabyte doświadczenie programistyczne jest pomocne w rozwiązywaniu różnych problemów naukowych. Efektem tej pracy jest publikacja [P17].

Stypendium post-doc w programie Marie-Curie na Uniwersytecie w Valladolid

Po zakończeniu stypendium post-doc w Jenie, uzyskałem stypendium post-doc na Uniwersytecie w Valladolid w ramach akcji Marii-Curie. W czasie tego stypendium zajmowałem się dozymetrią neutronów z zastosowaniem diody PIN oraz wykorzystaniem tejże diody do pomiarów stężenia radonu w powietrzu. W pierwszym przypadku dioda PIN jest sprzężona z konwerterem wykonanym z ^6LiF lub polietylenu rejestrując odpowiednio emitowane cząstki alfa lub wybite protony. Daje to możliwość produkcji tanich detektorów neutronów. Wyniki opublikowane zostały w pracy [P16].

W przypadku zastosowania diody PIN do detekcji radonu w powietrzu zastosowana została komora, w której wytwarzane jest radialne pole elektryczne kierujące produkty rozpadu radonu na powierzchnię diody, zwiększając efektywność zbierania produktów rozpadu w porównaniu do układu bez pola. Produkty rozpadu radonu osiadające na powierzchni diody ulegają rozpadowi alfa, a powstałe cząstki alfa są rejestrowane przez diodę. Wyniki tej pracy zostały opublikowane w artykule [P12].

Kierowanie pracami naukowo-badawczymi Gliwickiego Laboratorium Datowania Luminescencyjnego

Od roku 2006 pełnię funkcję kierownika prac naukowo-badawczych wykonywanych w Gliwickim Laboratorium Datowania Luminescencyjnego. Od objęcia tej funkcji wraz z zespołem laboratorium podejmowałem prace w kierunku usprawniania organizacji pracy laboratorium oraz implementacji technik eksperymentalnych stosowanych w podobnych laboratoriach na świecie. Moje obowiązki polegały m.in. na nadzorowaniu prac, kontroli jakości otrzymywanych wyników czy kontaktach z instytucjami zlecającymi badania. W czasie odkąd kieruję pracami, laboratorium wykonało analizy na łączną kwotę ponad 1 mln złotych, a owocem naukowym są publikacje [P1, P2, P3, P4] z przedstawicielami nauk o Ziemi, z którymi współpracowałem w zakresie interpretacji uzyskanych wyników pomiarów.

Jednym z bardzo interesujących tematów badań realizowanym w Gliwickim Laboratorium Datowania Luminescencyjnego jest określenie chronologii lessów na terenie Polski. Projekt

kierowany przez dr inż. Piotra Moskę, jest pierwszym na taką skalę wysiłkiem w tym zakresie na terenie Polski. Dotychczasowe wyniki opublikowane są w pracach [P7] i [P10].

Badania stosowane w zakresie konstrukcji czytnika luminescencji

Od listopada 2011 konsorcjum złożone z Akademii Jana Długosza w Częstochowie (lider), Instytutu Fizyki Jądrowej PAN im. Jana Niewodniczańskiego w Krakowie, Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu oraz Politechniki Śląskiej realizuje projekt „LUMDOZ - Modułowy system luminescencyjny dla ochrony przed promieniowaniem i dozymetrii retrospektywnej” finansowany przez NCBR (wartość całego projektu to ponad 3,4 mln złotych). Jestem kierownikiem części projektu realizowanej na Politechnice Śląskiej (wartość ponad 950 tys. złotych). Prace badawcze w ramach projektu skupiają się na badaniach stosowanych i podstawowych, które pozwolą na konstrukcję czytnika luminescencyjnego o bardzo wysokich parametrach technicznych, konkurującego z innymi tego typu rozwiązaniami na świecie. W wyniku realizacji projektu dotychczas opublikowane zostały prace [H8, H9, H10].

Działalność redakcyjna i recenzencka

Od 2005 roku zaangażowany jestem w wydawanie czasopisma Geochronometria, którego właścicielem jest Politechnika Śląska. Początkowo pełniłem funkcję Consulting Editor, a od roku 2010 pełnię funkcję Managing Editor. Czasopismo opublikowało w tym czasie 285 artykułów. Dzięki pracy całego zespołu redakcyjnego, czasopismo uległo w tym czasie znacznemu rozwojowi. Po raz pierwszy impact factor został przyznany w roku 2007. Obecnie (początek roku 2015) czasopismo ma impact factor 1.243. Począwszy od roku 2015 zmieniony został model wydawania naszego czasopisma na Open Access, a dystrybuowane jest przez dom wydawniczy de Gruyter Open.

Od 2006 roku wykonałem ponad 90 recenzji manuskryptów dla różnych czasopism, a w roku 2010 pełniłem rolę Guest Editor do numeru konferencyjnego czasopisma Radiation Measurements (47(9)), a od lutego pełnię funkcję członka Editorial Board w tymże czasopiśmie.

8. Bibliografia

Aitken, M. J., Tite, M. S., Reid, J., 1964, Thermoluminescent dating of ancient ceramics, Nature, **202**, 1032–3.

- Andersen, M.T., Jain, M., Tidemand-Lichtenberg, P., 2012. Red-IR stimulated luminescence in K-feldspar: single or multiple trap origin? *Journal of Applied Physics* 112, 043507.
- Bailey, R. M., 2001, Towards a general kinetic model for optically and thermally stimulated luminescence of quartz, *Radiation measurements*, **33**, 17-45.
- Bailey, R.M., Smith, B.W., Rhodes, E.J., 1997, Partial bleaching and the decay form characteristics of quartz optically stimulated luminescence. *Radiat. Meas.* 27, 123–136.
- Boyle, R., 1663, Register of the Royal Society, **1663**, 213, (za McKeever, 1985).
- Buylaert, J. P., Murray, A. S., Thomsen, K. J., Jain, M., 2009, Testing the potential of an elevated temperature IRSL signal from K-feldspar, *Radiation Measurements*, **44**(5-6), 560-565.
- Huntley, D. J., Godfrey-Smith, D. I. i Thewalt, M. L. W., 1985, Optical dating of sediments, *Nature*, **313**, 105–7.
- Huntley, D. J., Short, M.A., Dunphy, K., 1996, Deep traps and their use for optical dating, *Canadian Journal of Physics*, **74**, 81-91.
- Istratov, A.A., Vyvenko, O.F., 1999, Exponential analysis in physical phenomena, *Review of Scientific Instruments*, **70**, 1233-1257.
- Jain, M., Ankjærgaard, C., 2011. Towards a non-fading signal in feldspars: insight into charge transport and tunnelling from time-resolved optically stimulated luminescence. *Radiation Measurement*, **46**, 292-309.
- McKeever, S.W.S, 1985, *Thermoluminescence of solids*, Cambridge Solid State Science Series, Cambridge University Press, Cambridge, Wielka Brytania.
- Li B., Li S.H., 2011a, Thermal stability of infrared stimulated luminescence of sedimentary K-feldspar. *Radiation Measurements* **46**(1), 29–36.
- Li B., Li S.H., 2011b, Luminescence dating of K-feldspar from sediments: A protocol without anomalous fading correction, *Quaternary Geochronology*, **6**(5), 468–479.
- Murray, A. S., Roberts, R. G., 1998, Measurement of the equivalent dose in quartz using a regenerative-dose single-aliquot protocol, *Radiation Measurements*, **29**, 503–15.
- Murray, A. S., Wintle, A. G., 2000, Luminescence dating of quartz using an improved single-aliquot regenerative dose protocol, *Radiation Measurements*, **32**, 57–73.
- Randall, J. T., Wilkins, M. H. T., 1945a, Phosphorescence and electron traps I. The study of trap distributions, *Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences*, **184**, 366.

Randall, J. T., Wilkins, M. H. T., 1945b, Phosphorescence and electron traps II. The interpretation of long-period phosphorescence, *Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences*, **184**, 390.

Spooner, N.A., Questiaux D.G., 2000, Kinetics of red, blue and UV thermoluminescence and optically-stimulated luminescence from quartz, *Radiation Measurements*, **32**, 659-666.

Tite, M. S., Waive, J., 1962, Thermoluminescent dating: a re-appraisal, *Archaeometry*, **5**, 53–79.

Wang, X. L., Lu, Y. C. i Wintle, A. G., 2006a, Recuperated OSL dating of fine-grained quartz in Chinese loess, *Quaternary Geochronology*, **1**, 89–100.

Wang, X. L., Wintle, A. G. i Lu, Y. C., 2006b, Thermally transferred luminescence in fine-grained quartz from Chinese loess: Basic observations, *Radiation Measurements*, **41**, 649-658.

Wintle, A.G., 1973. Anomalous fading of thermoluminescence in mineral samples. *Nature* **245**, 143-144.

Wintle, A.G., 2008, Fifty years of luminescence dating, *Archaeometry*, **50**, 276-312.

Zimmermann J., 1971, The radiation-induced increase of the 100°C thermoluminescence sensitivity of fired quartz. *Journal of Physics C: Solid State Physics* **4**: 3265-3276.

Inne publikacje niestanowiące części osiągnięcia w punkcie 4b

Ozn.	Dane bibliograficzne i opis wkładu	L. cyt.	IF
P1.	Danuta Dzieduszyńska, Joanna Petera-Zganiacz, Juliusz Twardy, Piotr Kittel, Piotr Moska, Grzegorz Adamiec, 2014, Optical Dating And Sedimentary Record From The Terrace Depositional Profile Of The Warta River (Central Poland), <i>GEOCHRONOMETRIA</i> , 41:4, 361–368	-	1,243 ¹
P2.	Panin, A.V., Adamiec, G., Arslanov, K.A., Bronnikova, M.A., Filippov, V.V., Sheremetskaya, E.D., Zaretskaya, N.E., Zazovskaya, E.P., 2014. Absolute chronology of fluvial events in the Upper Dnieper River system and its palaeogeographic implications. <i>GEOCHRONOMETRIA</i> , 41:3, 278-293	-	1,243 ¹
P3.	Fedorowicz S., Łanczont M., Bogucki A., Kusiak J., Mroczek P., Adamiec G., Bluszcz A., Moska P., Tracz M., 2013. Loess-paleosol sequence at Korshiv (Ukraine): Chronology based on complementary and parallel dating (TL, OSL), and litho-pedosedimentary analyses. <i>QUATERNARY INTERNATIONAL</i> , 296, 117-130	1	2,128
P4.	Wiśniewski A., Adamiec G., Badura J., Bluszcz A., Kowalska A., Kufel-Diakowska B., Mikołajczyk A., Murczkiewicz M., Musil R., Przybylski B., Skrzypek G., Stefaniak K., Zych J., 2013. Occupation dynamics north of the	3	2,128

	Carpathians and Sudetes during the Weichselian (MIS5d-3): The Lower Silesia (SW Poland) case study. QUATERNARY INTERNATIONAL, 294 , 20–40		
P5.	Bailliff I.K. (Guest Editor), Adamiec G. (Guest Editor), Bluszcz A. (Guest Editor), Bos A.J.J. (Guest Editor), Chen R. (Guest Editor), Chruścińska A. (Guest Editor), Duller G.A.T. (Guest Editor), 2012. 13th International Conference on Luminescence and Electron Spin Resonance Dating, 10–14 July, 2011, Toruń, Poland. RADIATION MEASUREMENTS, 47(9) , 649–651	-	0,86
P6.	Guerin G., Mercier N., Nathan R., Adamiec G., Lefrais Y., 2012. On the use of the infinite matrix assumption and associated concepts: A critical review. RADIATION MEASUREMENTS, 47(9) , 778-785	3	0,86
P7.	Moska P., Adamiec G., Jary Z., 2012. High resolution dating of loess profile from Bialy Kosciol, south-west Poland. QUATERNARY GEOCHRONOLOGY, 10 , 87-93	3	4,015
P8.	Oks H., Spooner, N.A., Smith B.W., Prescott J.R., Creighton D.F., McCulloch I., Adamiec G., 2011. Assessment of thermoluminescence peaks in porcelain for use in retrospective dosimetry. RADIATION MEASUREMENTS, 46(12) , 1873–1877	-	1,18
P9.	Pagonis V., Adamiec G., Athanassas C., Chen R., Baker A., Larsen M., Thompson Z., 2011. Simulations of thermally transferred OSL signals in quartz: Accuracy and precision of the protocols for equivalent dose evaluation. NUCLEAR INSTRUMENTS AND METHODS IN PHYSICS RESEARCH SECTION B: BEAM INTERACTIONS WITH MATERIALS AND ATOMS, 269(12) , 1431–1443	7	1,21
P10.	Moska P., Adamiec G., Jary Z., 2011. OSL dating and lithological characteristics of loess deposits from Bialy Kosciol. GEOCHRONOMETRIA, 38(2) , 162-171	6	0,425
P11.	Koul D.K., Adamiec G. and Chougankar M.P., 2009. Participation of the R-centres in the sensitization of the OSL signal, JOURNAL OF PHYSICS D: APPLIED PHYSICS, 42 , 115110 (9pp)	1	2,083
P12.	Martin-Martin A., Gutierrez-Villanueva J.L., Munoz J.M., Garcia-Talavera M., Adamiec G. and Iniguez M.P., 2006, Radon measurements with a PIN photodiode. APPLIED RADIATION AND ISOTOPES, 64 , 1287-1290	5	0,92
P13.	Adamiec G., 2005, Investigation of a numerical model of the pre-dose mechanism in quartz. RADIATION MEASUREMENTS, 39 , No. 2, 175-189	9	1,02
P14.	Adamiec G., 2005, Properties of the 360 nm and 550 nm TL emissions of the '110°C peak' in fired quartz. RADIATION MEASUREMENTS, 39 , No. 1, 105-110	17	1,02
P15.	Adamiec G., 2005, OSL decay curves – relationship between single grains and multiple grain aliquots. RADIATION MEASUREMENTS, 39 , No. 1, 63-75	9	1,02
P16.	Adamiec G., Iñiguez M.P., Lorente A., Voytchev M. and Gallego E., 2004, Response of a silicon PIN photodiode around an Am-Be neutron source. NUCLEAR INSTRUMENTS AND METHODS IN PHYSICS RESEARCH A: ACCELERATORS SPECTROMETERS DETECTORS AND ASSOCIATED EQUIPMENT, 534 , 544-550	2	1,35
P17.	Steinhof A., Adamiec G., Gleixner G., van Klinken G.J. and Wagner T., 2004, The new ¹⁴ C-Analysis Laboratory in Jena. RADIOCARBON, 46 , 51-58	18	1,70
P18.	Adamiec G., 2000, Variations in luminescence properties and pre-dose sensitisation of single quartz grains. RADIATION MEASUREMENTS, 32 , 427-	27	0,97 ²

	432		
P19.	Bailey R.M., Adamiec G. and Rhodes E.J., 2000, Optically stimulated luminescence properties of NaCl related to dating. RADIATION MEASUREMENTS, 32 , 717-723	28	0,97 ²
P20.	Göksu H.Y., Stoneham D., Bailiff I.K. and Adamiec G., 1998, A new technique in retrospective TL dosimetry: Pre-dose effect in the 230°C TL glow peak of porcelain. APPLIED RADIATION AND ISOTOPES, 49 , 99-104	8	0,77 ²
P21.	Adamiec G., Stoneham D. and Göksu H.Y., 1997, Accident dose estimation using porcelain. A comparison between different thermoluminescence methods. RADIATION MEASUREMENTS, 27 , 389-39	5	0,97

²Z powodu niedostępności danych przyjęto IF z roku 2002

Ozn	Dane bibliograficzne i opis wkładu	L. cyt.
N1	Heer A.J., Adamiec G., Moska P., 2012, How many grains are there on a single aliquot? Ancient TL, 30(1) , 9-16	1
N2	Guerin, G., Mercier, N., Adamiec, G., 2011. Dose-rate conversion factors: update. Ancient TL, 29(1) , 5-8	48
N3	Pazdur A., Adamiec G., 2005, Physics and engineering education for isotopic environmental studies and environmental protection. PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING EDUCATION. ICEE'2005. Global education interlink, Gliwice, Poland, July 25-29, 2005. Vol. 2. Eds: Jerzy Mościński, Marcin Maciążek, 754-759	-
N4	Adamiec G., Garcia-Talavera M., Bailey R.M. and Iñiguez de la Torre M.P., 2004, Application of a genetic algorithm to finding parameter values for numerical simulation of quartz luminescence. GEOCHRONOMETRIA, 23 , 9-14	12
N5	Adamiec G. and Aitken M.J., 1998, Dose-rate conversion factors: update. ANCIENT TL, 16 , No. 2, 37-51	685
N6	Bluszcz A., Adamiec G., 1994. Termoluminescencyjne datowanie neolitycznej ceramiki z terenu Małopolski (okolice Kazimierzy Wielkiej). Światowit, 39 : 157-181	2