

Maciej TKACZ

Metoda interpretacyjna danych paleomagnetycznych i zastosowanie jej do podziału i korelacji stratygraficznej osadów plejstocenu

Podczas badań paleomagnetycznych plejstocenijskich lessów Polski południowo-wschodniej stwierdzono, że dotychczasowe metody magnetostratygraficzne stosowane dla utworów czwartorzędowych nie spełniają pokładanych w nich nadziei. Wiąże się to z obecnością w sekwencjach lessowych wielu luk stratygraficznych, które zawierają reperowe, dla potrzeb korelacji stratygraficznej, inwersje pola geomagnetycznego. W związku z tym wprowadzono odmienną metodę interpretacji zapisu paleomagnetycznego, która stwarza dużo większe możliwości podziału i korelacji stratygraficznej badanych skał oraz pozwala odróżnić inwersje, utrwalone w osadzie po jego depozycji, od inwersji synchronicznych z badaną skalą. Interpretacja tych pierwszych jako równowiekowych z badanymi osadami prowadzi do dużych błędów stratygraficznych.

WSTĘP

Przedmiotem analizy paleomagnetycznej były plejstocenijskie lessy Polski południowo-wschodniej. Mimo wieloletnich badań tych osadów autorowi nie udało się do tej pory znaleźć osadu o odwrotnym namagnesowaniu, z wyjątkiem kilku pojedynczych próbek, które uzyskano z różnych miejsc. Biorąc pod uwagę datowania metodą termoluminescencyjną TL (J. Butrym, H. Maruszczak, 1984) oraz paleomagnetyczne skale polarności dla plejstocenu, należy wnioskować, że inwersje plejstocenijskie musiały następować w przerwach depozycji lub też osad z utrwalonymi inwersjami został zerodowany. Kwestia luk stratygraficznych w badanych osadach zostanie omówiona w dalszej części artykułu.

Przeobrażenia chemiczne (również związków żelaza), które można obserwować we współczesnych strefach przypowierzchniowych sekwencji lessowych musiały także zachodzić w kopalnych strefach przypowierzchniowych. W związku z tym wektor inwersyjny mógł się utrwalić jako składnik chemicznej pozostałości magnetycznej (*ChRM*).

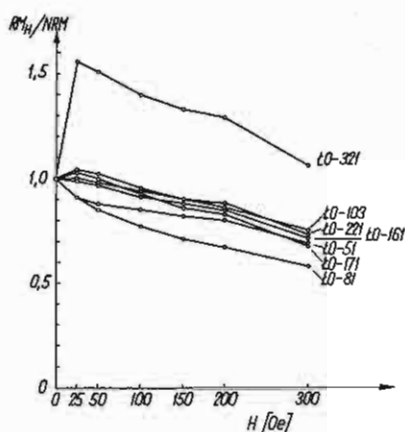


Fig. 1. Wykresy rozmagnesowania zmiennym polem magnetycznym wybranych próbek lessów z odsłonięcia w Łopatkach

Diagrams of alternating field demagnetization, of selected loess samples from outcrop Łopatkki

H – natężenie zmiennego pola rozmagnesowującego; RM_H – pozostałość magnetyczna w kolejnych wartościach H ; NRM – naturalna pozostałość magnetyczna ($H = 0$)
 H – intensity of alternating demagnetizing field; RM_H – magnetic remanent in successive H values; NRM – natural remanent magnetization ($H = 0$)

Śledząc niektóre krzywe rozmagnesowania próbek lessowych zmiennym polem magnetycznym, obserwuje się na odcinkach odpowiadających niskim polom rozmagnesowującym brak spadku natężenia wektora pozostałości magnetycznej (RM) bądź też jego wzrost (fig. 1). Może to być wynikiem wieloskładnikowości wektora naturalnej pozostałości magnetycznej NRM (K.A. Hoffman, R. Day, 1978).

Podczas analizy paleomagnetycznej skał starszych od czwartorzędu przeprowadza się powszechnie separację mało stabilnych składowych, które rozmagnesowują się już w niskich polach (K.A. Hoffman, R. Day, 1978; J.L. Kirschvink, 1980). Wyznaczone składowe interpretuje się rzutując je na sferę jako kierunki lub bieguny paleomagnetyczne. Inaczej jest w przypadku osadowych skał czwartorzędowych. Mało stabilne składowe uważano powszechnie za lepkie pochodzące od pól zbliżonych do współczesnych i przy interpretacji wyników nie brano ich zwykle (w sensie praktycznym) pod uwagę.

METODYKA BADAŃ

Odsłonięcia lessów w Nielewki i Łopatkach, oddalonych od siebie o 125 km, opróbowano w sposób ciągły tak, że dwie próbki sąsiednie w pionie spinane były trzecią próbką pobraną tuż obok. Natężenia składowych wektorów NRM poszczególnych próbek pomierzono przy użyciu magnetometru rotacyjnego JR-4. Po rozmagnesowaniu polem zmiennym we wcześniej wyznaczonych polach optymalnych dokonano pomiarów RM . Punktem wyjścia do przeprowadzenia interpretacji były obliczone wartości deklinacji i inklinacji wektorów NRM oraz odpowiednie wartości dla RM próbek.

WYNIKI

Analiza zapisu zmian deklinacji i inklinacji (fig. 2) wzdłuż badanych profilów nie pozwoliła na wyciągnięcie istotniejszych wniosków magnetostratygraficznych. Generalnie nie stwierdza się znaczących zmian w zapisie deklinacji i inklinacji po oczyszczeniu magnetycznym próbek. Na wykresach deklinacji występują nieciągłości w zapisie, które były podstawą podziału próbek w profilu na 34 grupy. Szczególną uwagę zwracają wartości deklinacji w grupie 23, a na wykresie inklinacji znaczny spadek średniej wartości z ok. 70° do ok. 30° w grupach od 7 do 12 (fig. 2).

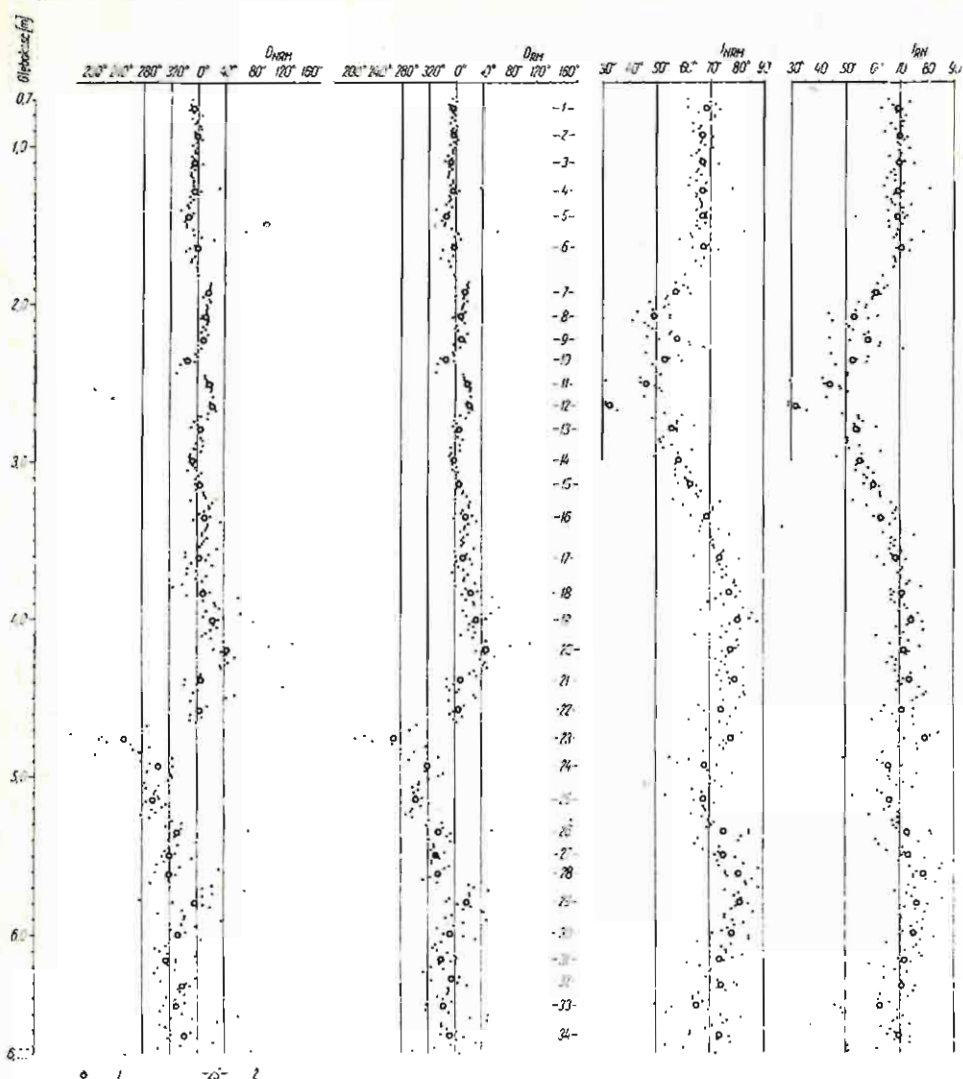


Fig. 2. Wykresy zmian deklinacji i inklinacji przed (D_{NRM} , I_{NRM}) i po czyszczeniu zmiennym polem magnetycznym (D_{RM} , I_{RM})
Diagrams of declination and inclination variation before (D_{NRM} , I_{NRM}) and after cleaning with alternating magnetic field (D_{RM} , I_{RM})

1 - wartości średnie D_{NRM} , I_{NRM} , D_{RM} , I_{RM} poszczególnych grup próbek; 2 - numeracja grup próbek
1 - average values D_{NRM} , I_{NRM} , D_{RM} , I_{RM} of particular groups of samples; 2 - numeration of groups of samples

Na podstawie istniejących nieciągłości można tylko wnioskować o występowaniu pewnej liczby luk stratygraficznych, które zaznaczono na fig. 3 podwójną linią falistą. Nieciągłości te są również widoczne na obrazie zmian położenia paleobieguny geomagnetycznego (fig. 4). Paleobieguny z dolnej części profilu oznaczone odpowiednio wyższymi liczbami są często położone w pobliżu paleobiegunów stropowej części odsłonięcia, oznaczonych odpowiednio niż-

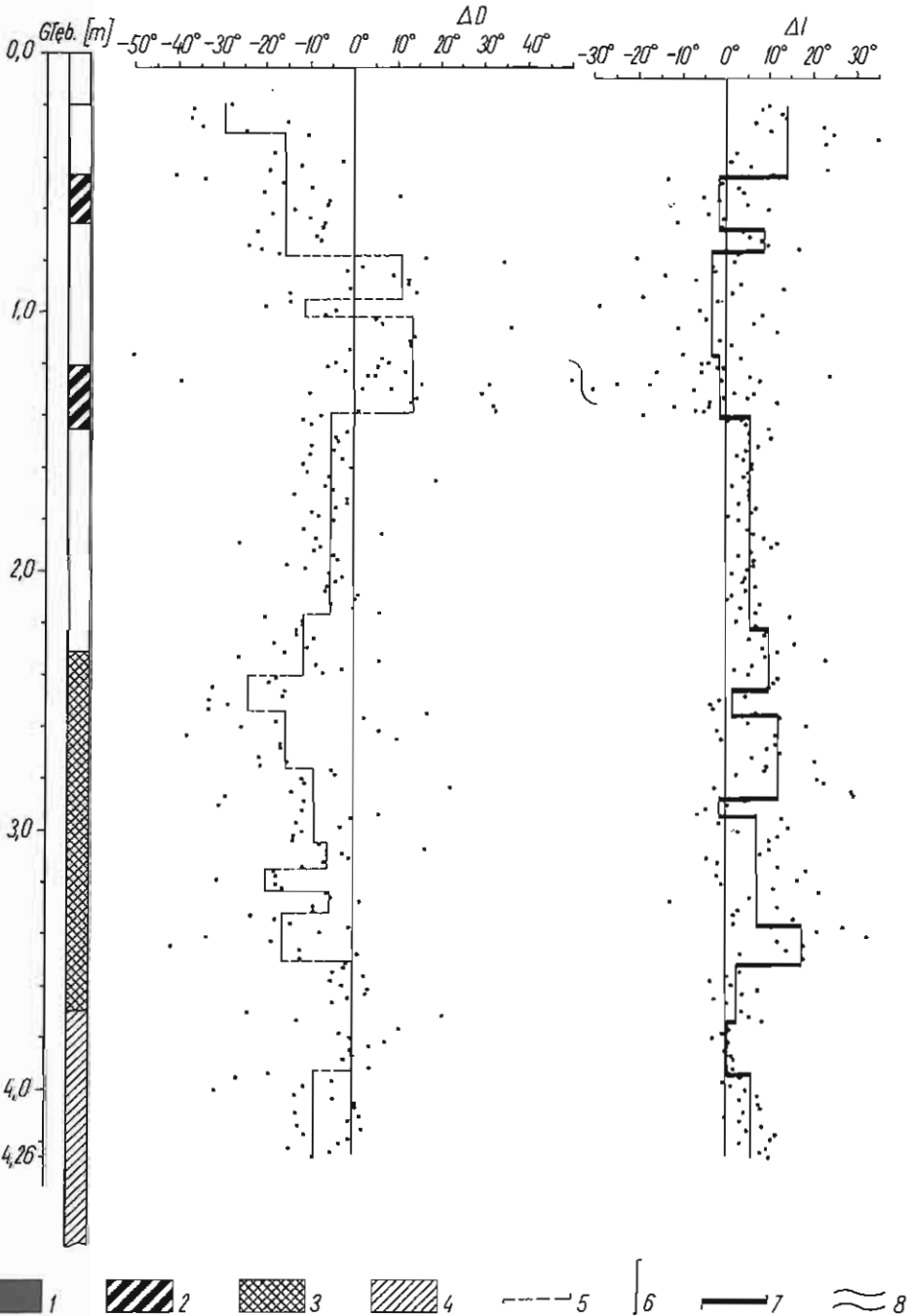


Fig. 3. Wykresy zmian wartości przyrostów deklinacji (ΔD) i inklinacji (ΔI) dla odsłonięcia w Nieledeń
 Diagrams of declination (ΔD) and inclination (ΔI) value increments variations for the outcrop at Nieledeń

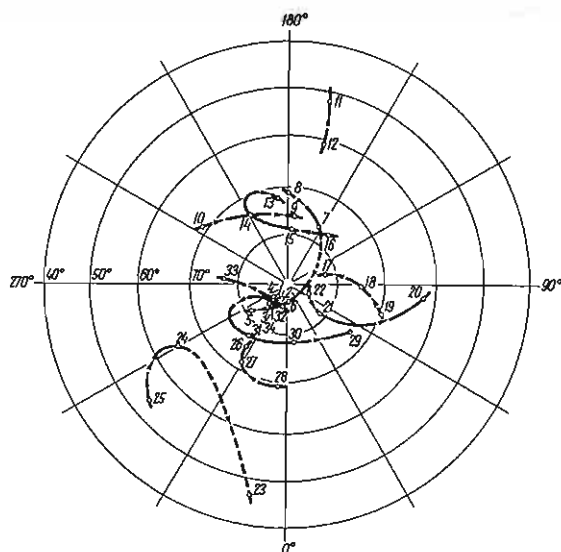


Fig. 4. Zmiany położenia średniego paleobieguna geomagnetycznego dla poszczególnych grup próbek (od 1 do 34) z profilu lessowego w Łopatkach; projekcja stereograficzna równopolewa Lamberta
Changes of average geomagnetical paleopole position for particular groups of samples (from 1 to 34) taken from loess profile in Łopatki; Lambert's stereographic isopolar projection

szymi liczbami (fig. 4). Nie można więc w pełni efektywnie stosować średnich położenia paleobiegunów (paleokierunków) dla korelacji i podziału stratygraficznego skał czwartorzędowych.

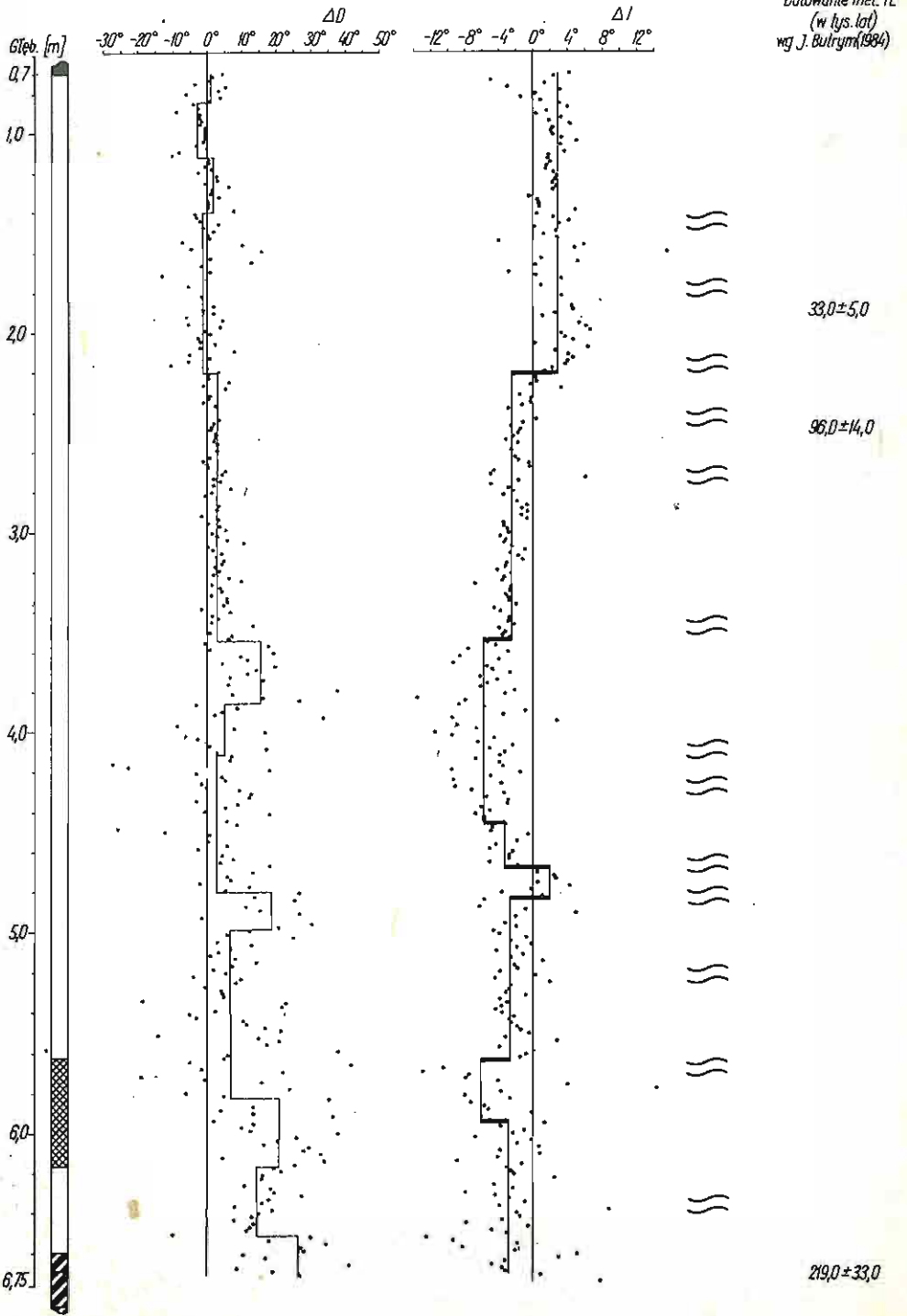
Na fig. 3, 5 przedstawiono wykresy zmian wartości przyrostów deklinacji (ΔD) i inklinacji (ΔI) w badanych profilach. Przyrosty te uzyskano odejmując wartości deklinacji i inklinacji – otrzymane po rozmagnesowaniu całej kolekcji próbek polem optymalnym – od odpowiednich wartości otrzymanych przed rozmagnesowaniem (*NRM*). W ten sposób powstały charakterystyczne krzywe „schodkowe”, utworzone z wartości średnich dla poszczególnych odcinków profilu, których interpretacja oraz zastosowanie zostaną omówione niżej.

INTERPRETACJA I WNIOSKI

Na wstępie wskazano możliwość istnienia w składzie wektora *NRM* wektorów pochodzących od inwersji pola, które miały miejsce w lukach stratygraficznych.

1 – warstwa humusowa gleby holoceniowej; 2 – warstwy humusowe; 3 – strefy z objawami oglejenia; 4 – warstwa iluwialna; 5 – strefy znaczących zmian średnich przyrostów deklinacji (ΔD) związanych z inwersjami lub wycieczkami pola magnetycznego ziemskiego; 6 – średnie wartości ΔD oraz ΔI ; 7 – strefy znaczących zmian średnich przyrostów inklinacji (ΔI) związanych z inwersjami pola geomagnetycznego; 8 – miejsca występowania luk czasowych w profilu; obok skali głębokościowej przedstawiono wyróżniające się w obrębie formacji lessowych poziomy litologiczne; naniesiono również wyniki datowań metodą termoluminescencyjną TL (J. Butrym, H. Maruszczak, 1984)

1 – humus layer of Holocene soil, 2 – humus horizon; 3 – zones with gley symptoms, 4 – illuvial horizon; 5 – zones of significant changes of declination (ΔD) average increments bound with inversions or excursions of earth magnetic field; 6 – average ΔD and ΔI values; 7 – zones of significant variations of average inclination increments (ΔI) bound with inversions of geomagnetic field; 8 – places of occurrence of temporal gaps in the profile; besides of the depth scale, distinct in the precincts of the loess formations, lithologic horizons, as well as the results of the thermoluminescence TL dating method, are presented (J. Butrym, H. Maruszczak, 1984)



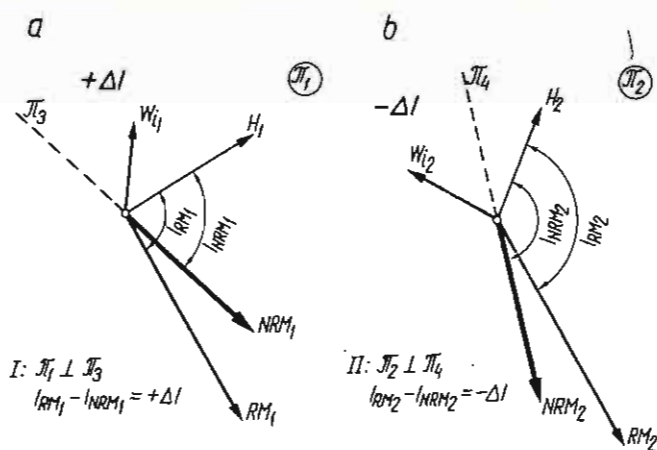


Fig. 6. Schemat otrzymywania przyrostów dodatnich (a) i ujemnych (b) inklinacji
Scheme of obtaining of positive (a) and negative (b) inclinations increments

H_1, H_2 – składowe poziome pola geomagnetycznego; W_{11}, W_{12} – wektory inwersyjne; NRM_1, NRM_2 – wektory naturalnych pozostałości magnetycznych; RM_1, RM_2 – wektory pozostałości magnetycznych; I – inklinacja; π_1, π_2 – płaszczyzny przechodzące przez H i NRM ; π_3, π_4 – płaszczyzny prostopadłe do π_1 i π_2 i przechodzące przez NRM
 H_1, H_2 – horizontal components of geomagnetic field; W_{11}, W_{12} – inverse vectors; NRM_1, NRM_2 – vectors of remanent magnetization; RM_1, RM_2 – vectors of remanent magnetization; I – inclination; π_1, π_2 – planes crossing the H and NRM ; π_3, π_4 – planes normal to π_1, π_2 and crossing NRM

Potwierdzeniem tego może być podział wykresu ΔD i ΔI na odcinki o dodatnich i ujemnych przyrostach (fig. 3, 5). Dla łatwiejszego zobrazowania istoty problemu przeprowadzono analizę wektorową na płaszczyźnie (fig. 6). W rzeczywistości analizę tę należałoby przedstawić w przestrzeni trójwymiarowej. Różne znaki przyrostu inklinacji uzyskuje się w wyniku odjęcia od wektora NRM odpowiedniego wektora inwersyjnego. W opisanym przypadku płaszczyzną podziału wszystkich wektorów inwersyjnych na dwie grupy (odpowiedzialnych za dodatnie i ujemne przyrosty) jest płaszczyzna zawierająca wektor NRM prostopadła do płaszczyzny przechodzącej przez wektor NRM oraz wektor składowej poziomej H . Eliminacja wektorów inwersyjnych leżących z jednej strony tej płaszczyzny daje wzrost wartości inklinacji (fig. 6a), a eliminacja odpowiednich wektorów leżących po przeciwnej stronie powoduje spadek wartości inklinacji (fig. 6b). W miejscach, gdzie zaczynają się „cienie” poszczególnych inwersji, na ogół występują także łuki stratygraficzne w profilu, wyznaczone dotychczas stosowanymi metodami paleomagnetycznymi (fig. 3, 5). Dowodzi to słuszności przyjętej interpretacji.

Należy jednocześnie podkreślić, że ΔI nie może zmieniać się w tak znaczący sposób po eliminacji składowych normalnych pola, których wypadkowa tworzy niewielki kąt z wektorem RM . Po usunięciu wektora inwersyjnego mogą (ale nie

Fig. 5. Wykresy zmian wartości przyrostów deklinacji (ΔD) i inklinacji (ΔI) dla odstonięcia w Łopatkach

Diagrams of declination (ΔD) and inclination (ΔI) increments value changes for outcrop Łopatki

Objaśnienia jak na fig. 3

Explanations as given in Fig. 3

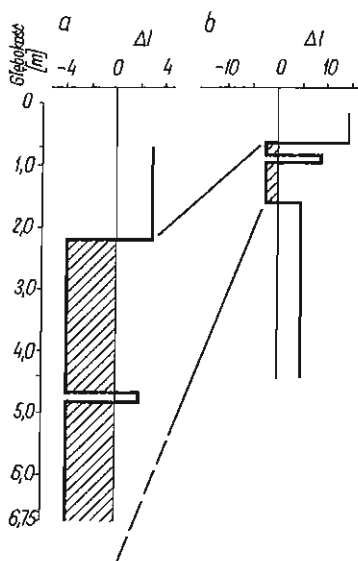


Fig. 7. Próba korelacji profili lessowych z Łopatek (a) i Nielewki (b) na podstawie wykresów zmian przyrostów inklinacji (zmian znaków refleksów)
An attempt of loess profiles from Łopatek (a) and Nielewki (b) correlation based on the diagrams of inclination increments changes (changes of reflexes marks)

muszą następować znaczne zmiany przyrostu deklinacji. Mogą być one również (fig. 3, 5) związane z wycieczkami paleobieguna i wówczas zmiana ΔI jest niewielka.

Na fig. 7 przedstawiono próbę korelacji badanych profili lessowych na podstawie przedstawionej metody. Szczególnie charakterystyczny jest głęboki epizod dodatni w obrębie refleksu o ujemnych przyrostach inklinacji. Epizod ten zaznaczył się również na wykresie zmian deklinacji i inklinacji (fig. 2) oraz na wykresie ΔD (fig. 3, 5).

Przywiązanie poszczególnych refleksów (dodatnich lub ujemnych), a także inwersji pola w obrębie refleksów do określonych wydarzeń magnetycznych z paleomagnetycznej skali zmian polarności będzie dopiero możliwe po dowiązaniu profili do wyników wiarygodnych datowań bezwzględnych albo też po opracowaniu profilu wzorcowego, który będzie brał początek w osadach współczesnych. Autor jest właśnie w trakcie opracowywania takiego profilu.

Średnie położenie paleobieguna każdej inwersji musi mieć na sferze charakterystyczną pozycję. Jeśli udało by się dokładnie wyseparować składową inwersyjną i określić jej kierunek za pomocą jednej z metod J.L. Kirschvinka (1980), to będzie możliwe dokładne zidentyfikowanie inwersji, która utrwaliła się w danej partii osadu.

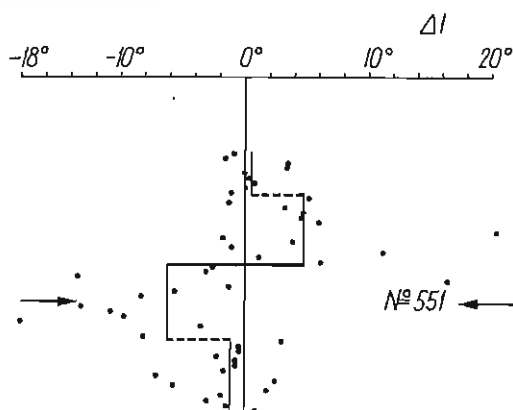
W obrębie badanych profili lessowych autor spotykał pojedyncze próbki o namagnesowaniu odwrotnym. W sąsiedztwie takich próbek nie ma żadnych oznak wstępującej lub zstępującej inwersji pola. Pojedynczą próbkę tkwiącą wewnątrz odcinka profilu, którego próbki mają namagnesowanie normalne, widać na fig. 8. Wszystkie próbki z tego odcinka profilu mają ten sam znak oraz średnią wartość przyrostu inklinacji ΔI . Zmiany chemiczne, które zachodziły w tej części osadu, były tak intensywne, że wektor inwersyjny stał się dominującym składnikiem *NRM* wspomnianej próbki. Ta część osadu została odmłodzona późniejszą inwersją pola magnetycznego.

Przeprowadzona interpretacja pozwala wyciągnąć wnioski natury ogólnej:

1. Dotychczasowe metody paleomagnetyczne stosowane dla osadów plejstoceńskich nie pozwalają rozwiązać podstawowych problemów stratygraficznych.

Fig. 8. Wykres zmian przyrostów inklinacji (I) dla fragmentu profilu lessowego w Orzechowcach (SE Polska); strzałką zaznaczono jedną próbkę o namagnesowaniu odwrotnym

Diagram of the inclinations' increments (I) changes for a fragment of loess profile in Orzechowce (SE Poland); with an arrow a sole sample with reverse magnetization is marked



2. Nowa interpretacja danych paleomagnetycznych polegająca na analizie krzywych przyrostów inklinacji i deklinacji stwarza szansę podziału i korelacji stratygraficznej dowolnych profili osadów plejstoceńskich.

3. Jest bardzo prawdopodobne, że dokładna separacja inwersyjnych składowych $ChRM$ umożliwi identyfikację poszczególnych inwersji z paleomagnetycznej skali polarności dla plejstocenu oraz pozwoli znaleźć inwersje dotychczas nie wykryte.

4. Interpretacja krzywych przyrostów inklinacji i deklinacji pozwala rozpoznać te próbki o namagnesowaniu odwrotnym, w których inwersja utrwaliła się w wyniku postsedymentacyjnych zmian chemicznych.

Podziękowania: Serdeczne podziękowanie składam prof. H. Maruszczakowi za szereg wskazówek dotyczących stratygrafii i sedymentacji badanych lessów, mgrowi J. Nawrockiemu za pomoc przy systematyzowaniu materiałów użytych w niniejszym opracowaniu oraz Panu H. Grygliowskiemu za pomoc techniczną przy wykonywaniu badań.

Zakład Geofizyki
Instytutu Geologicznego
Warszawa, ul. Rakowiecka 4
Nadesłano dnia 15 stycznia 1987 r.

PIŚMIENNICTWO

- BUTRYM J., MARUSZCZAK H. (1984) – Thermoluminescence chronology of younger and older loesses. In: Lithology and stratigraphy of loesses and paleosols. Ed. M. Pečsi. Budapest.
- HOFFMAN K.A., DAY R. (1978) – Separation of multi-component NRM : a general method. Earth Planet. Sci. Lett., **40**, p. 433–438.
- KIRSCHVINK J.L. (1980) – The least – squares line and plane and the analysis of palaeomagnetic data. Geophys. J. R. Astr. Soc., **63**, p. 699–718.

Мацей ТКАЧ

**МЕТОД ИНТЕРПРЕТАЦИИ ПАЛЕОМАГНИТНЫХ ДАННЫХ
И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ СТРАТИГРАФИЧЕСКОГО РАСЧЛЕНЕНИЯ
И КОРРЕЛЯЦИИ ОТЛОЖЕНИЙ ПЛЕЙСТОЦЕНА**

Резюме

Объектом палеомагнитных исследований послужили плейстоценовые лессы юго-восточной части Польши. Образцы были отобраны в 2 обнажениях, отдаленных друг от друга на 125 км: Неледев и Лопатки. Было отмечено, что магнито-стратиграфические методы, используемые до сих пор для изучения четвертичных отложений, не приносят ожидаемых результатов. Происходит это от того, что в последовательном залегании пессов имеется множество стратиграфических перерывов, на которые приходится реперные инверсии геомагнитного поля, необходимые для стратиграфической корреляции. Поэтому автор ввел иной метод интерпретации палеомагнитной записи, способствующий более широкой стратиграфической корреляции изучаемых пород. В то же время такой метод позволяет отличать инверсии, укоренившиеся в породе после ее осаждения, от инверсий, синхронных с изучаемой породой. Можно совершить большую ошибку в стратиграфическом расчленении, если посчитать первые из упомянутых инверсий одновозрастными с изучаемой породой.

Maciej TKACZ

**THE METHOD OF PALAEOMAGNETIC DATA INTERPRETATION
AND ITS APPLICATION IN STRATIGRAPHICAL CORRELATION
OF PLEISTOCENE DEPOSITS**

Summary

Object of palaeomagnetic analysis were Pleistocene losses of south-eastern Poland. Samples were taken from the vertical sequences of two 125 km distant from one another outcrops in Nieledeu and Łopatki villages. It has been proved that magneto-stratigraphic methods therefore applied to Quaternary deposits are not sufficient. It is connected with presence of many stratigraphical gapes in loess sequences, which comprise index of magnetic field important for stratigraphic correlation. In connection with above presented problems introduced another method of palaeomagnetic record interpretation which created much bigger stratigraphic correlation possibilities of studied rocks. Simultaneously this method allows to differentiate inversions fixed in sediment after its deposition from synchronic with investigated rock. Interpretation of these first ones as contemporaneous with studied deposits leads to serious stratigraphical errors.