

WYNIKI BADAŃ PALEOMAGNETYCZNYCH OSADÓW JEZIORNICH Z PROFILU CZARNUCHA (RÓWNINA AUGUSTOWSKA, PÓŁNOCNO-WSCHODNIA POLSKA)

THE RESULTS OF PALAEOMAGNETIC INVESTIGATIONS OF LACUSTRINE DEPOSITS FROM THE CZARNUCHA SECTION (AUGUSTÓW PLAIN, NORTHEASTERN POLAND)

JERZY NAWROCKI¹

Abstrakt. Przedmiotem badań paleomagnetycznych było 51 fragmentów rdzenia z otworu wiertniczego Czarnucha. Badane osady jeziorne zostały w głównej swej masie przemagnesowane w wyniku procesów diagenetycznych, prowadzących do powstania wtórnych nośników namagnesowania. Pojedyncze próbki o inklinacji ujemnej, znajdujące się głównie w dolnej części profilu, reprezentują najprawdopodobniej pierwotny zapis paleomagnetyczny. Ich obecność może wskazywać, że co najmniej ta część profilu powstawała w chronie odwrotnego namagnesowania Matuyama.

Słowa kluczowe: osady jeziorne, paleomagnetyzm, granica Brunhes-Matuyama, Równina Augustowska, północno-wschodnia Polska.

Abstract. Paleomagnetic analysis was performed on 51 core samples from the Czarnucha borehole. The lacustrine deposits were mostly remagnetized as a result of diagenetic processes leading to the formation of secondary magnetization carriers. Single samples of negative inclination, found mainly in the lower portion of the section, most likely represent the original palaeomagnetic record. Their presence can indicate that at least part of the sequence was deposited during the Matuyama chron of reverse magnetization.

Key words: lacustrine deposits, palaeomagnetism, Brunhes-Matuyama boundary, Augustów Plain, northeastern Poland.

WPROWADZENIE

W wybranych aspektach badań stratygraficznych utworów czwartorzędowych ważną rolę odgrywa magnetostratygrafia. Podstawowa granica chronostratygraficzna czwartorzędu wiąże się z miejscem zmiany polarności pola geomagnetycznego z odwrotnej na normalną, co miało miejsce przed około 783 tys. lat (np. Tauxe i in., 1996). Jest to granica chronów paleomagnetycznych – chronu odwrotnego namagnesowania Matuyama (0,78–2,60 mln lat) oraz obecnie panującego chronu normalnego namagnesowania Brunhes. Przejście to odbyło się w okresie ocieplenia klimatu, które jest korelowane z 19. stadiem izotopowo-tlenowym. Pewne

znaczenie chronostratygraficzne, aczkolwiek znacznie mniej samodzielne, mają również krótkie, trwające od kilku do kilkunastu tysięcy lat, odwrócenia pola geomagnetycznego w obrębie chronu Brunhes. Wszyscy badacze są zgodni, że zdarzeń tego typu (wycieczek pola) było w epoce Brunhes co najmniej kilka. W niektórych opracowaniach przyjmuje się ich liczbę nawet wyraźnie większą (około piętnastu) (np. Nowaczyk, 2000). W obrębie ostatnich 150 tys. lat, najlepiej udokumentowane są wycieczki Blake (116–118 tys. lat) i Laschamp (38–40 tys. lat) (Opdyke, Channel, 1996). Przy dobrze zdefiniowanej lokalizacji wycieczek paleomagne-

¹ Laboratorium Paleomagnetyczne, Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa; e-mail: jerzy.nawrocki@pgi.gov.pl

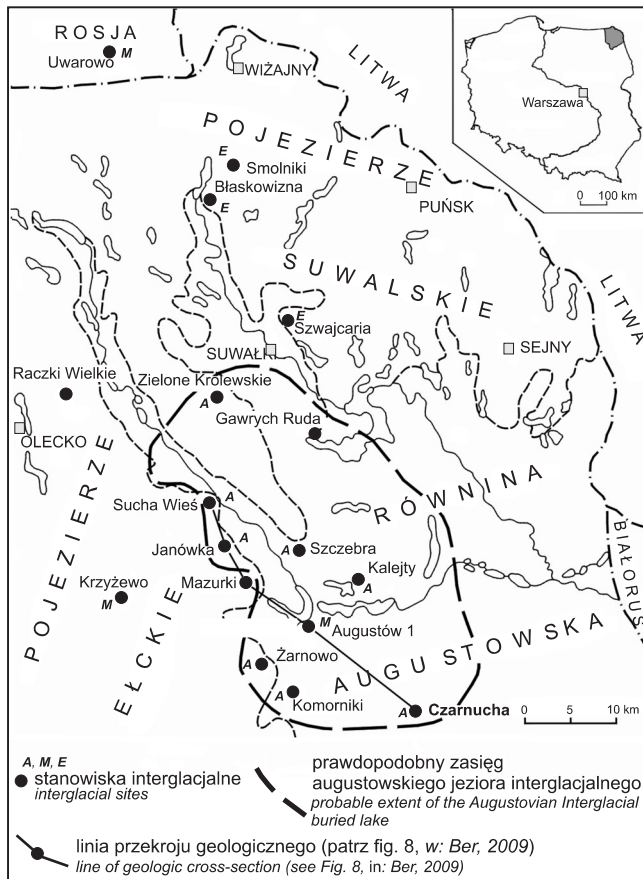


Fig. 1. Lokalizacja otworu wiertniczego Czarnucha na tle innych stanowisk interglacjalnych północno-wschodniej Polski (Ber, 2009)

A – interglacjał augustowski, M – interglacjał mazowiecki, E – interglacjał eemski

Location of the Czarnucha borehole against a background of another interglacial sites of northeastern Poland (Ber, 2009)

A – Augustovian Interglacial, M – Mazovian Interglacial, E – Eemian Interglacial

tycznych, na tle czwartorzędowej krzywej klimatycznej, możliwe jest ich zastosowanie do rozważań na temat dokładnego wieku osadu, w którym występują. W obrębie części okresów ciepłych i chłodnych nie było wycieczek pola geomagnetycznego. Osad z zapisem wycieczki nie może być więc z tymi okresami korelowany. Niestety wycieczki nie mają cech swoistych, umożliwiających ich rozróżnianie bez odniesienia do pozycji stratygraficznej.

Do rekonstrukcji warunków klimatycznych zapisanych w osadzie coraz częściej stosuje się parametry petromagnetyczne, a zwłaszcza podatność magnetyczną, która mówi o zawartości frakcji magnetycznej w osadzie (np. Thouveny i in., 1994). Zasadniczym nośnikiem podatności magnetycznej jest magnetyt. W osadach silnie organicznych dużą podatność magnetyczną mogą powodować również nagromadzenia siarczków żelaza, a zwłaszcza greigitu. Mineral ten z reguły jest postdepozycyjny (Reynold i in., 1994). Taka geneza greigitu może utrudnić lub uniemożliwić rozpatrywanie zapisu paleomagnetycznego w kategoriach chronostratygraficznych. Niweluje również klimatostratygraficzne znaczenie zapisu podatności magnetycznej. Osady jeziorne z okresów chłodnych powinny charakteryzować się umiarkowanymi i dużymi wartościami podatności magnetycznej. Wzrosty podatności mogą występować w tym przypadku z powodu intensyfikacji procesów erozyjnych, wzmagających dostawę materiału detrytycznego. Ocieplenia w basenie jeziornym powinny skutkować wzmoczoną produkcją materii organicznej oraz powstawaniem związków żelaza i siarki o względnie niskiej podatności magnetycznej. Wyjątek mogą stanowić bardzo młode osady rejestrujące wzmoczoną dostawę nośników podatności magnetycznej, spowodowaną erozyjną działalnością człowieka.

Celem podjętych badań było przeanalizowanie zapisu paleomagnetycznego w kopalnych osadach jeziornych, uzyskanych z otworu wiertniczego Czarnucha (fig. 1). Ich lokalizacja wśród niższych ogniw czwartorzędu wskazywała, że część badanego profilu mogła być starsza od granicy Brunhes-Matuyama. Na taką możliwość wskazywały również wyniki wcześniejszych badań prowadzonych w otworze Kalejty (Ber, 2000).

ZAKRES I METODYKA BADAŃ

Do badań paleomagnetycznych pobrano 51 fragmentów rdzenia orientowanego tylko góra–dół, co umożliwiało zdefiniowanie wyłącznie paleoinklinacji. Z fragmentów tych, pobranych z przedziału głębokościowego 95,5–131,6 m, wycięto próbki o wymiarach standardowych (sześciiany o boku 2,2 cm). Próbki te były przedmiotem analizy paleomagnetycznej, którą przeprowadzono w laboratorium paleomagnetycznym Deutsches GeoForschungsZentrum w Poczdamie. Natężenia składowych namagnesowania po każdym stopniu rozmagnesowania mierzono magnetometrem kriogenicznym amerykańskiej firmy 2G. Stopniowe rozmagne-

sowanie zmiennym polem magnetycznym, za pomocą urządzenia sprzężonego z magnetometrem, prowadzono w przedziale natężeń 0–100 mT. Wyniki rozmagnesowania, tj. zbiór składowych x , y oraz z przetworzono za pomocą programu komputerowego, umożliwiającego separację składowych pozostałości magnetycznej. Podatność magnetyczną badanych próbek mierzono za pomocą mostka KLY-2. W laboratorium Instytutu Geofizyki PAN, dla kilku próbek, wykonano krzywe termomagnetyczne oraz pętle histerezy, co miało służyć identyfikacji nośników namagnesowania.

WYNIKI BADAŃ

Większość próbek pobranych z profilu Czarnucha wykazuje obecność składowych naturalnej pozostałości magnetycznej o dodatniej inklinacji, które przemawiają za normal-

nym namagnesowaniem badanego osadu (fig. 2a, c). Jednak w 9 fragmentach rdzenia ujawniły się składowe o ujemnej inklinacji, wskazujące na zapis pozostałości magnetycznej

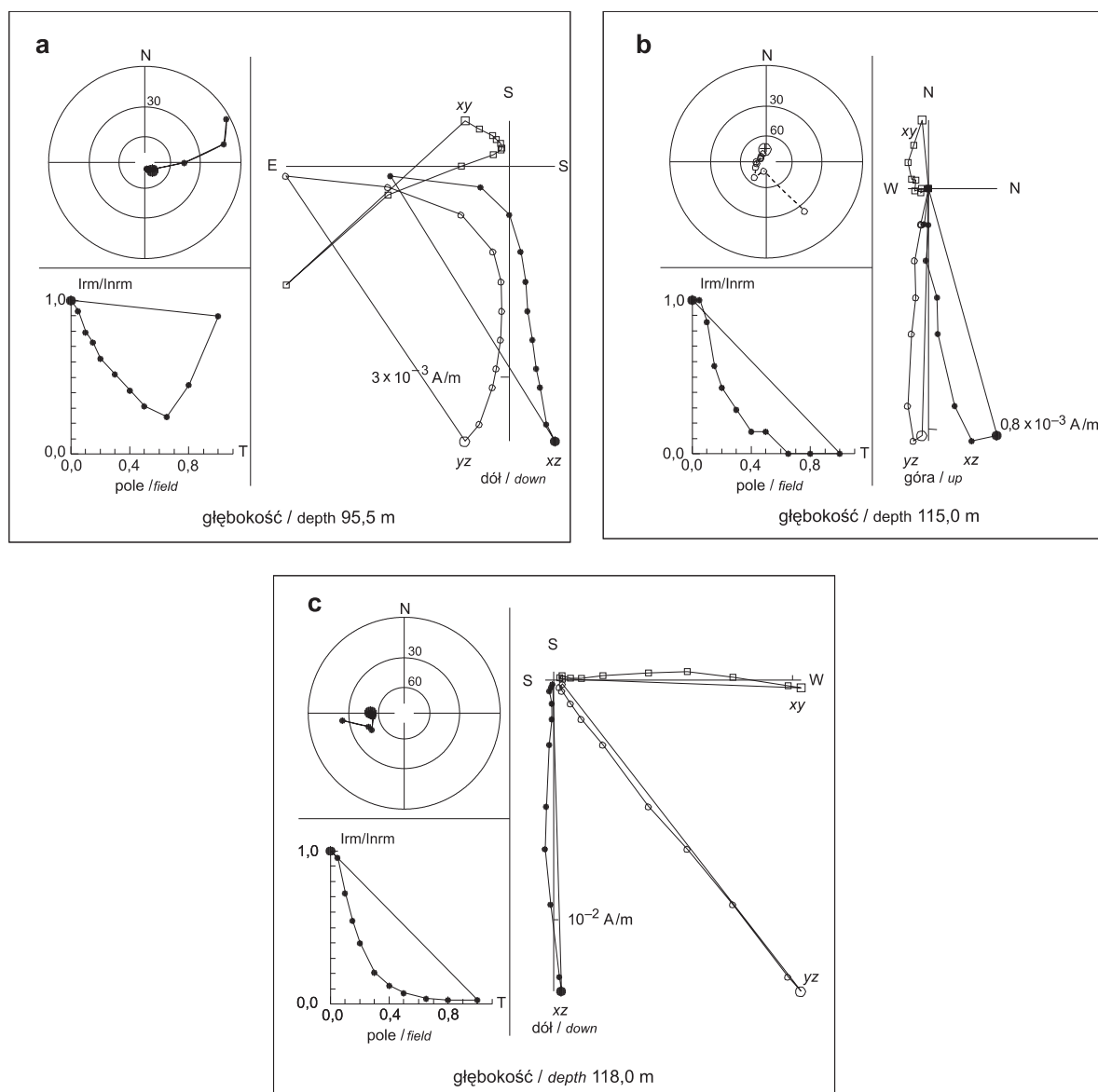


Fig. 2. Wyniki rozmagnesowania zmiennym polem magnetycznym wybranych próbek osadów jeziornych z otworu wiertniczego Czarnucha

Dla każdej próbki przedstawiono projekcję sferyczną ścieżki rozmagnesowania, wykres spadku natężenia oraz diagram ortogonalny obrazujący zachowanie się wektora pozostałości magnetycznej (jego rzuty na płaszczyzny xy , xz oraz yz) z biegiem rozmagnesowania; I_{rm} – natężenie izotermicznej pozostałości magnetycznej; I_{nm} – natężenie naturalnej pozostałości magnetycznej

Results of alternating-magnetic-field demagnetization made on selected samples from lacustrine deposits of the Czarnucha borehole

Spherical projection of demagnetization path, plot of decrease in magnetic field strength and orthogonal plot illustrating the behaviour of magnetic remanence vector (projections on xy , xz and yz planes) are presented for each sample; I_{rm} – isothermal remanent magnetization; I_{nm} – intensity of natural remanent magnetization

w czasie panowania pola o odwrotnej polarności (fig. 2b). Próbkami z ujemną inklinacją nie tworzą jednej zwartej strefy, lecz są rozproszone w obrębie zbioru próbek zapisujących polarność normalną (fig. 3a). Większość próbek z inklinacją ujemną (poza próbkami z głębokości 98,1 oraz 116,2 m) charakteryzują niskie wartości natężeń naturalnej pozostałości magnetycznej, znacznie niższe niż obserwowane w większości próbek z inklinacją dodatnią (fig. 3b).

Wykres zmian objętościowej podatności magnetycznej prezentuje figura 3c. Wartości tego parametru są względnie niskie w obrębie całego profilu, nie przekraczając 200×10^{-6} jednostek SI. W wielu miejscach podatność wynosi tylko

około 50×10^{-6} jednostek SI. Jej wahania mają charakter chaotyczny. Brak jest tutaj dłuższych trendów wzrostu lub spadku wartości tego parametru.

Sporządzona dla próbek z głębokości 97,1 m krzywa termomagnetyczna (fig. 4a) wskazuje na znaczący udział minerału, którego namagnesowanie zanika w temperaturze nieco wyższej od 300°C . Mineralem tym jest najprawdopodobniej siarczek żelaza – greigit. Duży spadek namagnesowania na krzywej termomagnetycznej w relatywnie niskich temperaturach uzyskano jeszcze dla próbek z głębokości 114,7 m (fig. 4c). Za istnieniem greigitu w tych próbkach, jak również w wielu innych z badanej kolekcji, przemawia także

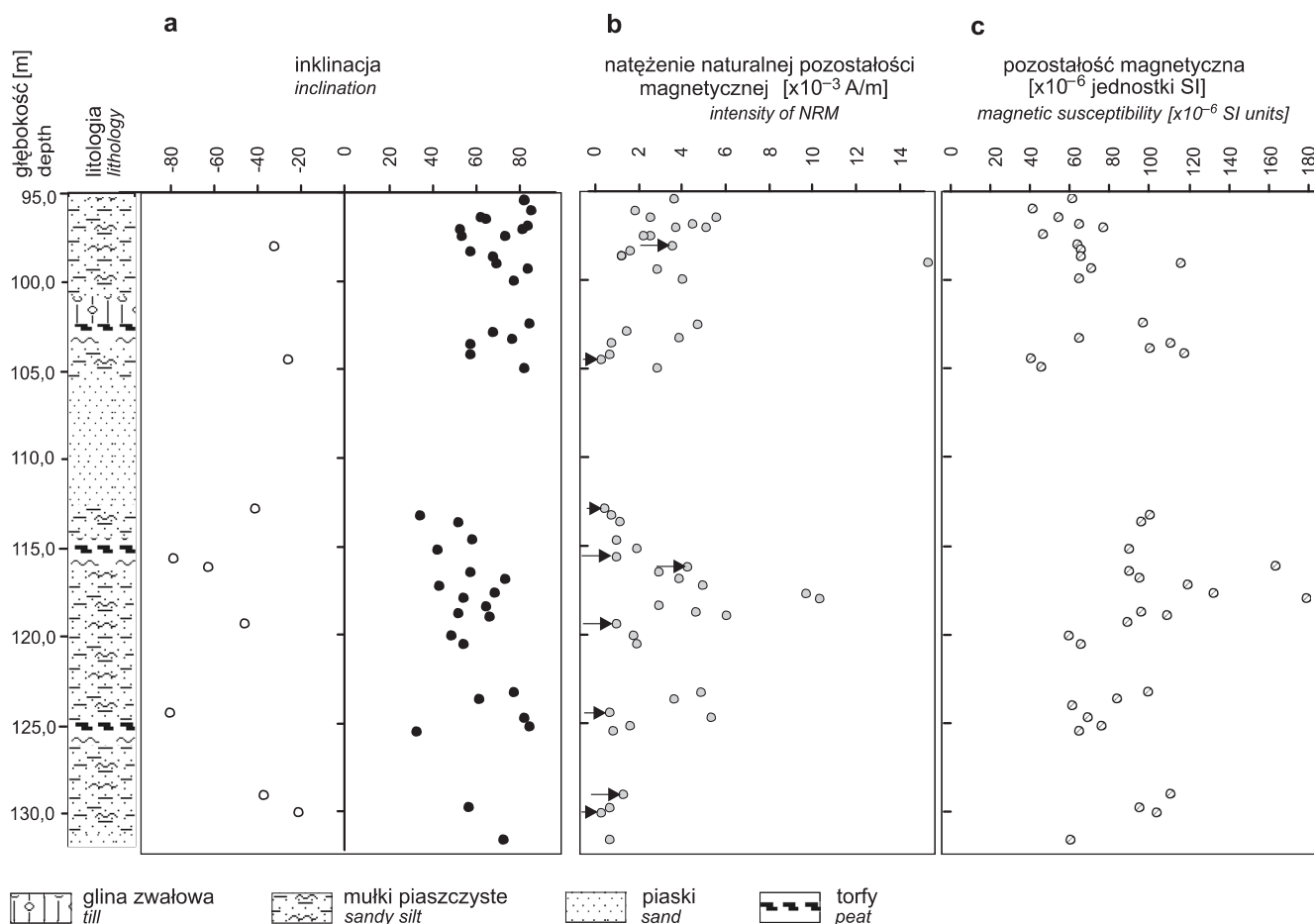


Fig. 3. Zmiany inklinacji charakterystycznej (a), natężenia naturalnej pozostałości magnetycznej (b) oraz podatności magnetycznej (c) w osadach z otworu wiertniczego Czarnucha

Szzałki na wykresie natężenia wskazują próbki o inklinacji ujemnej

Changes in characteristic inclination (a), intensity of natural magnetic remanence (b) and magnetic susceptibility (c) in deposits of the Czarnucha borehole

Arrows in the magnetic remanence plot indicate negative inclination samples

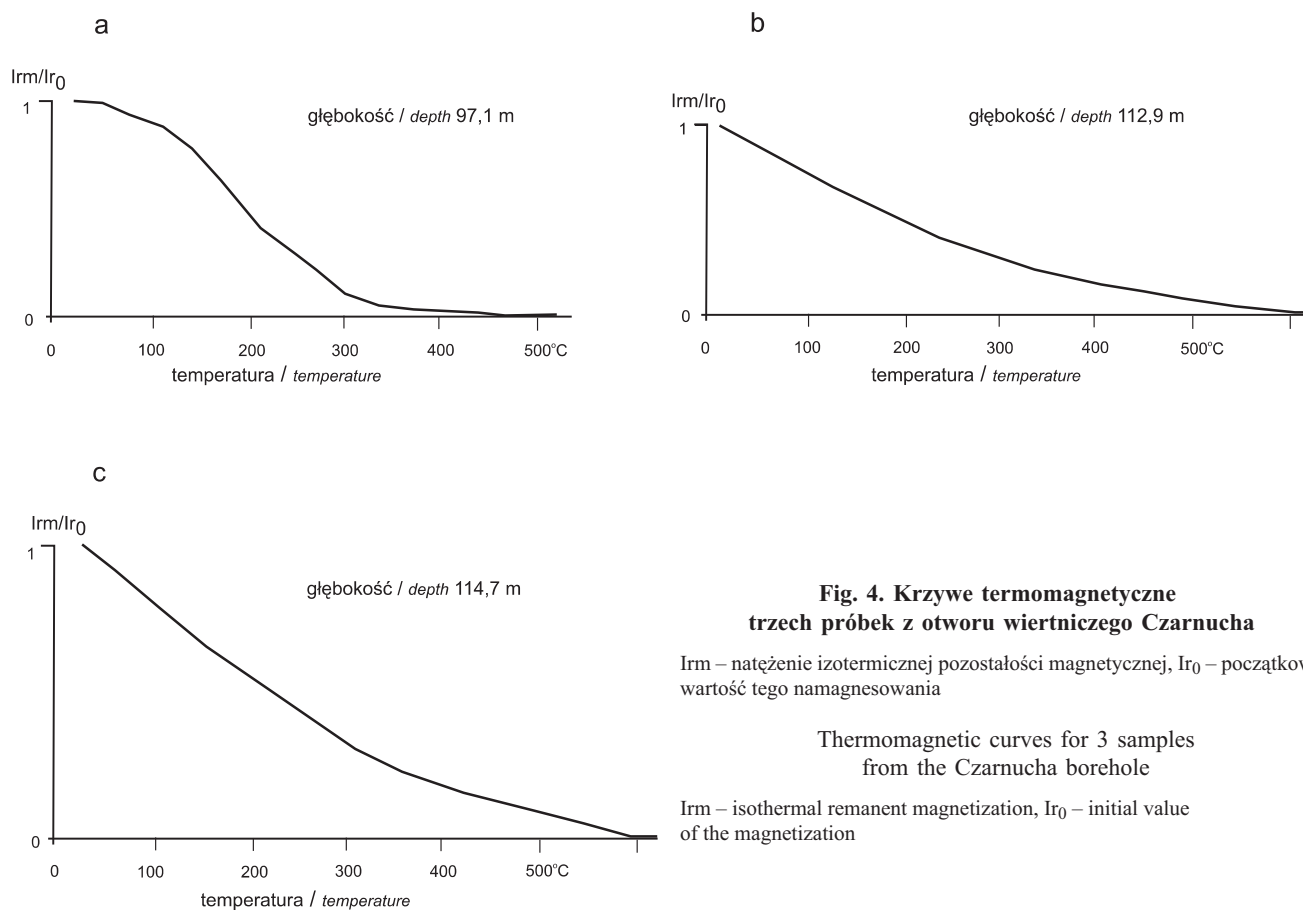


Fig. 4. Krzywe termomagnetyczne trzech próbek z otworu wiertniczego Czarnucha

I_{rm} – natężenie izotermicznej pozostałości magnetycznej, I_{r0} – początkowa wartość tego namagnesowania

Thermomagnetic curves for 3 samples from the Czarnucha borehole

I_{rm} – isothermal remanent magnetization, I_{r0} – initial value of the magnetization

wzrost natężenia pozostałości w wyższych polach rozma-gnesowujących (fig. 2a). Wzrost ten prowadzi do powstawa-nia sztucznych (laboratoryjnych) kierunków (zwykle o bar-dzo płaskiej inklinacji), które oczywiście przy interpretacji nie były brane pod uwagę.

Brak lub znacznie mniejszy udział siarczoków obserwuje się na krzywych termomagnetycznych sporządzonych dla

próbki z głębokości 112,9 m (fig. 4b). Faktem bardzo istotnym jest to, że właśnie ta próbka wykazała obecność namagnesowania o polarności odwrotnej. Temperatury blokujące wskazują, że głównymi nośnikami namagnesowania są tutaj magnetyt i najprawdopodobniej hematyt.

INTERPRETACJA

Badana sekwencja osadowa zawiera głównie pozyskaną po jej depozycji diagenetyczną pozostałość magnetyczną o polarności normalnej. Jej zasadniczym nośnikiem jest greigit, powstający w okresie panowania normalnej polarności pola geomagnetycznego, czyli zapewne w okresie chronu Brunhes. Pozostałość magnetyczna próbek o inklinacji ujemnej może być syndepozycyjna i związana z magneto-zoną odwrotnego namagnesowania Matuyama. Za taką interpretacją przemawiają następujące fakty:

1. Próby o normalnej i odwrotnej polarności różnią się mineralogią. Większość prób z normalną polarnością zawiera postsedymentacyjny greigit. Próby z polarnością od-wrotną zawierają głównie magnetyt i hematyt. Natężenia

ich pozostałości magnetycznej są na ogół niższe niż natężenia sąsiadujących próbek zawierających namagnesowanie o polarności normalnej.

1. Krzywa podatności magnetycznej ma kształt chaotyczny. W różnych miejscach profilu, w różnym stopniu nastąpiła koncentracja wtórnych nośników pozostałości (greigitu, wtórnego magnetytu?). Środowisko geochemiczne było niestabilne i w profilu dominuje wtórny zapis paleo-magnetyczny.

W miarę zwarty zbiór 7 próbek o polarności odwrotnej kończy się na głębokości 112,9 m. Najprawdopodobniej, co najmniej ta część profilu, znajdująca się poniżej głębokości 112,8 m, była pod wpływem pola geomagnetycznego o od-

wrotnej polarności. Dwie próbki o inklinacji ujemnej znajdują się jeszcze wyżej w badanym profilu. Wartości ich inklinacji są jednak wyraźnie niższe od oczekiwanych. Ponadto pozostałość próbki z głębokości 98,1 m jest oparta głównie na wtórnym greigicie. Trudno jest zatem stwierdzić czy

mamy tutaj do czynienia z zapisem z okresu chronu Matuyama. Zapis ten mógł powstać w okresie jakiejś krótkotrwałej wycieczki pola już w chronie Brunhes lub też być na przykład efektem bioturbacji.

WNIOSKI

1. Badane osady jeziorne z otworu Czarnucha zostały w głównej swej masie przemagnesowane w wyniku procesów diagenetycznych, prowadzących do powstania wtórnych nośników namagnesowania.

2. Pojedyncze próbki o inklinacji ujemnej, znajdujące się głównie w dolnej części profilu, reprezentują najprawdopo-

dobniej pierwotny zapis paleomagnetyczny. Ich obecność może wskazywać, że co najmniej ta część profilu powstawała w chronie odwrotnego namagnesowania Matuyama.

LITERATURA

- BER A., 2000 — Plejstocen Polski północno-wschodniej w nawiązaniu do głębszego podłoża i obszarów sąsiednich. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, **170**.
- BER A., 2009 — Litologia i sytuacja geologiczna osadów interglacjału augustowskiego z profili Sucha Wieś (Pojezierze Elckie) i Czarnucha (Równina Augustowska). *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **345**: 3–22.
- DAY R., FULLER M., SMIDT V.A., 1977 — Hysteresis properties of titanomagnetites: Grain-size and compositional dependence. *Phys. Earth Planet. Inter.*, **13**: 260–267.
- NOWACZYK N.R., 2000 — Short reversals of the earth's magnetic field and its relative paleointensity variations as chronostratigraphic tools – perspectives and limitations. *Geologos*, **5**: 5–12.
- OPDYKE N.D., CHANNELL J.E.T., 1996 — Magnetic stratigraphy. *Internat. Geophysics Ser.*, **64**.
- REYNOLD R.L., TUTTLE M.L., RICE C.A., FISHMAN N.S., KARACHEWSKI J.A., SHERMAN D.M., 1994 — Magnetization and geochemistry of greigite-bearing Cretaceous strata, North Slope Basin, Alaska. *Am. J. Sci.*, **294**: 485–528.
- TAUXE L., HERBERT T., SHACKLETON N.J., KOK Y.S., 1996 — Astronomical calibration of the Matuyama-Brunhes boundary: Consequences for magnetic remanence acquisition in marine carbonates and Asian loess sequences. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **140**: 133–146.
- THOUVENY N., BEAULIEU J., BONIFAY E., CREER K.M., GUIOT J., ICOLE M., JOHNSEN S., JOUZEL J., REILLE M., WILLIAMS T., WILLIAMSON D., 1994 — Climate variation in Europe over the past 140 kyr deduces from rock magnetism. *Nature*, **371**: 503–506.

SUMMARY

The article presents the results of palaeomagnetic analysis performed on 51 core samples from the Czarnucha section, with up-down orientation only. It was sufficient to determine palaeoinclination values. The samples were palaeomagnetically analysed at the Deutsches GeoForschungs Zentrum Laboratory, Potsdam.

The lacustrine deposits were remagnetized mostly as a result of diagenetic processes. Unstable geochemical environment influenced the secondary palaeomagnetic record

of the Czarnucha section. Seven core samples of negative inclination representing the original palaeomagnetic record were found below the depth of 112.8 m. However, there are another two samples of negative inclination found higher in the section (Fig. 3). The presence of single samples of negative inclination below the depth of 112.8 m can indicate that this part of the Czarnucha sequence was deposited during the Matuyama chrone of reverse magnetization.