

WPŁYW CECH LITOLOGICZNYCH NA PODATNOŚĆ MAGNETYCZNĄ LESSÓW Z REJONU WZGÓRZ DALKOWSKICH

KATARZYNA ISSMER

Zakład Geomorfologii, Instytut Geoekologii i Geoinformacji
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

Abstract: Magnetic susceptibility (M_s) gives precise information about paleo-environmental changes. The statistical relation between M_s and precise grain-size analysis of loess from Dalków Hills implies that any interpretation of the paleoclimatic record of loess sequences must recognize the detailed grain-size, because such relation could well imply paleo-environmental changes in sediments without organic residuum. The data presented here suggest that environmental magnetic analysis of loess sediments is mainly dependent on fine silt content described in Aeolian literature as loess fraction.

This study indicates that multiple methods should be employed in analyzing paleoclimatic changes recorded by magnetic susceptibility (M_s) in the Polish loess-paleosol sequences. Magnetic susceptibility (M_s) correlated with precise paleoclimatic grain-size investigations has yielded numerous records and resources.

Keywords: Wzgórza Dalkowskie, loesses, magnetic susceptibility

WPROWADZENIE

Podatność magnetyczna (*magnetic susceptibility* – MS) jest wykorzystywana w badaniach dotyczących zmian paleośrodowiskowych. Badaniom podatności magnetycznej poddano osady lessowe z rejonu Wzgórz Dalkowskich w celu poszukiwania relacji pomiędzy cechami litologicznymi (tutaj: uziarnienie i zawartość węgla wapnia) a wartością podatności magnetycznej. Podatność magnetyczna (χ_m) to bezwymiarowa wielkość fizyczna charakteryzująca zdolność substancji do zmian jej polaryzacji magnetycznej (J) pod wpływem pola magnetycznego o natężeniu (H). Na wartość podatności magnetycznej istotny wpływ ma skład mineralny, w tym zawartość minerałów magnetycznych, węgla wapnia i materii organicznej oraz ich uziarnienie. Określana jest poprzez czasowe namagnesowanie skał sztucznym polem magnetycznym o małej amplitudzie. Wpływ na wartość podatności magnetycznej ma przede wszystkim wielkość i ilość minerałów magnetycznych (Thompson, Oldfield 1986). Feng i Johnson (1995) przypisują istotną rolę zawartości węgla wapnia, a właściwie formie jego występowania, w uzyskiwaniu wartości podatności magnetycznej. W poziomach paleogleb, jak i w osadach lessowych bogatych w węgiel wapnia

obserwują spadek wartości podatności magnetycznej. Na spadek wartości podatności magnetycznej w poziomach gleb współczesnych bogatych w wapń i frakcje piasku wskazują de Jong i współpracownicy (2000). W poleskich badaniach paleomagnetycznych podatność magnetyczna nazywana jest też magnetyzmem środowiskowym. O istotnym znaczeniu badań podatności magnetycznej w badaniach paleoklimatycznych wielokrotnie w swych pracach mówi Barbara Maher (1988, 1998, 1991).

Celem niniejszej publikacji jest przedstawienie zależności pomiędzy tzw. magnetyzmem środowiskowym reprezentowanym przez podatność magnetyczną (M_s) a cechami litologicznymi lessów na przykładzie lessów południowo-zachodniej Polski (tutaj: lessów Wzgórz Dalkowskich).

METODY BADAŃ

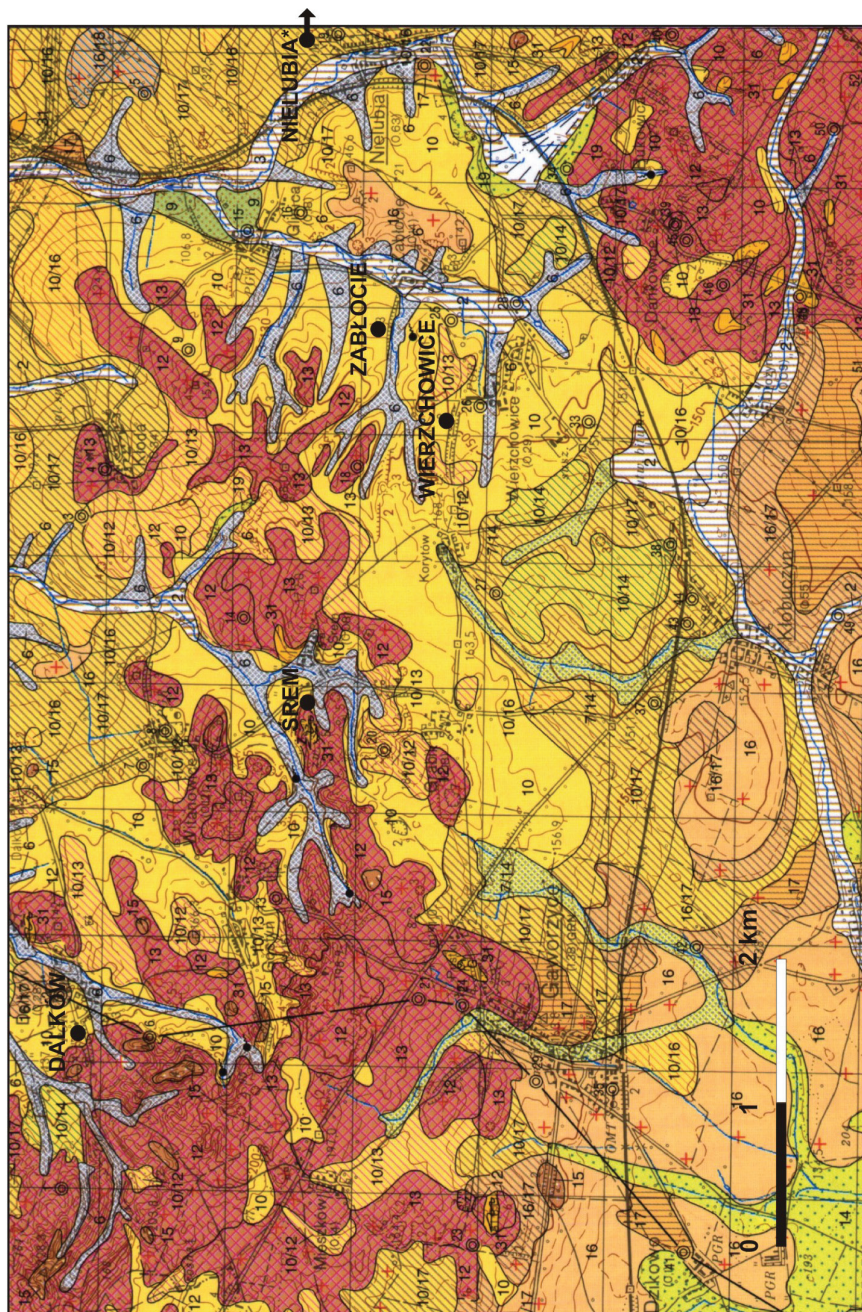
Z rejonu Wzgórz Dalkowskich wyznaczono pięć profili lessowych (Dalków, Cisów, Nielubia, Zabłocie, Wierzchowice), z których pobrano próbki osadów lessowych, określono wartość podatności magnetycznej (M_s). Stanowisko Cisów położone jest w obrębie Wzgórz Kozuchowskich (ryc. 1).

Analizy podatności magnetycznej wykonano w Laboratorium Paleomagnetycznym Zakładu Geologii Regionalnej i Geofizyki Państwowego Instytutu Geologicznego w Warszawie. Do pomiaru podatności magnetycznej wykorzystano tzw. mostek, w tym przypadku był to mostek *KLY-2* firmy *AGICO* z Brna.

Uziarnienie osadów określono metodami optycznymi z zastosowaniem laserowego analizatora uziarnienia *Mastersizer Hydro 2000* firmy *Malvern*, a zawartość węgla w wapnia metodą Scheiblera.

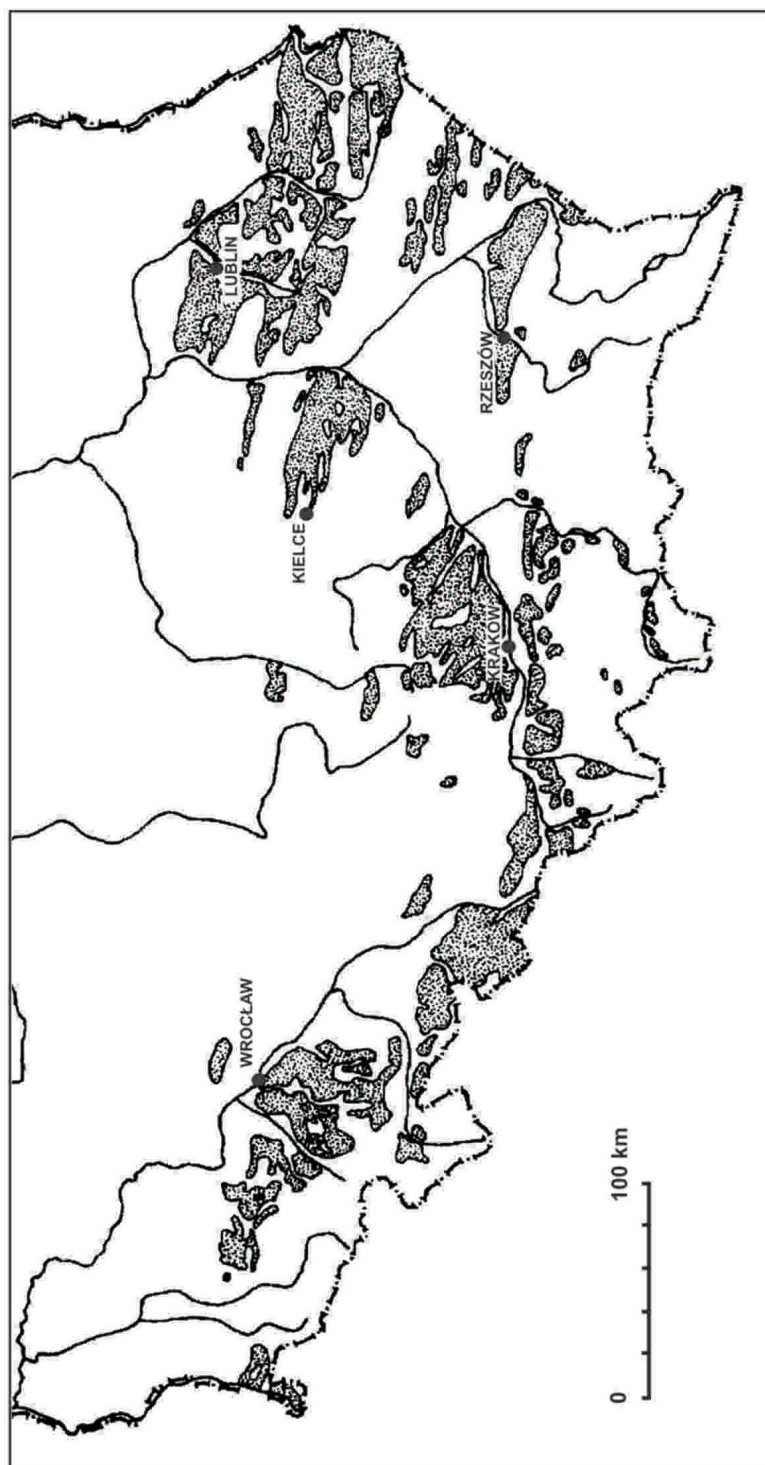
OBSZAR BADAŃ

Wzgórze Dalkowskie stanowią jednostkę makroregionu Wał Wzgórz Trzebnickich (Kondracki 2000). Obszar badań położony jest w południowo-zachodniej Polsce (ryc. 1, 2), gdzie występują serie lessowe w różnych odmianach litofacjalnych – od lessów masywnych (fot. 1) do laminowanych i smugowanych (Issmer 2001). Są to generalnie młode pokrywy lessowe późnovistuliańskie i holoceni. Serie tych lessów zalegają bezpośrednio na osadach fluwioglacjalnych pochodzących z plenivistulianu i często w stropie tych serii fluwioglacjalnych występują graniaki oraz głązy noszące ślady eolizacji, o czym w swych pracach wspominał Schwarzbach (1942). Szczegółowe prace dotyczące zjawisk eolicznych, w tym pokryw lessowych w rejonie Dolnego Śląska, prowadził Czajka. Znalazły one odzwierciedlenie w obszernej monografii dotyczącej tego regionu z 1931 r. – tutaj po raz pierwszy Czajka wskazuje na



Ryc. 1. Lokalizacja głównych profili lessowych poddanych badaniom paleomagnetyzmu środowiskowego

Fig. 1. Location of main loess profiles investigated environmental magnetism



Ryc. 2. Zasięg występowania lessów w południowej Polsce według Cegły (1972)
Fig. 2. The limit of loess present at southern Poland according Cegła (1972)



Fot. 1. Profil lessowy w stanowisku Zabłocie, facja lessu masywnego (1, 2, 3),
facja lessu laminowanego (4)

Photo 1. Loess profile at study – site Zabłocie massive lithophacies (1, 2, 3),
laminated lithophacies (4)

związek tych osadów lessowych z rozległą strefą peryglacjalną. W swym najnowszym opracowaniu dotyczącym vistulianu w rejonie Badandeburgii Liedtke (2001) wskazuje na występowanie rozległej strefy peryglacjalnej, co bardzo dobrze koreluje z wynikami badań chronostratygraficznymi dla rejonu Wzgórz Dalkowskich (Issmer 2002).

Serie lessowe w południowo-zachodniej Polsce poddawane są coraz bardziej szczegółowym badaniom paleośrodowiskowym, w tym badaniom paleomagnetycznym (Jary 2007; Issmer 2002). Jednak serie lessowe z rejonu Wzgórz Dalkowskich ze względu na odmienność litofacjalną wymagały osobnego



Fot. 2. Profil lessowy w stanowisku Wierchowice, facja lessu masywnego (1), facja lessu laminowanego (2), osady fluwiogłacjalne podłoża (3)

Photo 2. Loess profile at study – site Wierchowice massive lithophacies (1), laminated lithophacies (2)

potraktowania, co skłoniło również do sprawdzenia pod względem statystycznym poprawności otrzymywanych wyników wartości podatności magnetycznej.

RELACJE POMIĘDZY CECHAMI LITOLOGICZNYMI A PODATNOŚCIĄ MAGNETYCZNĄ

W badanych profilach lessowych z rejonu Wzgórz Dalkowskich widoczny jest trend do wzrostu wartości podatności magnetycznej w górę profilu, ku

warstwom współczesnej gleby. Zmienność podatności magnetycznej (M_s) w poszczególnych profilach przedstawiono za pomocą ryciny 3.

W celu określenia relacji pomiędzy cechami litologicznymi a podatnością magnetyczną obliczono współczynniki korelacji oraz przeprowadzona analiza regresji. Do analiz statystycznych wybrano 74 próbki, które miały określone: podatność magnetyczną (MS), rozkład uziarnienia przy użyciu metod optycznych oraz zawartość węgla wapnia.

Współczynniki korelacji pomiędzy wartościami podatności magnetycznej a wybranymi wskaźnikami uziarnienia uzyskano dzięki analizie uziarnienia z zastosowaniem metod optycznych (Issmer 2000): Mo – moda, Lso – wskaźnik lessowy, Uni – wskaźnik jednorodności, Io – wskaźnik ilastości oraz procentowa zawartość węgla wapnia.

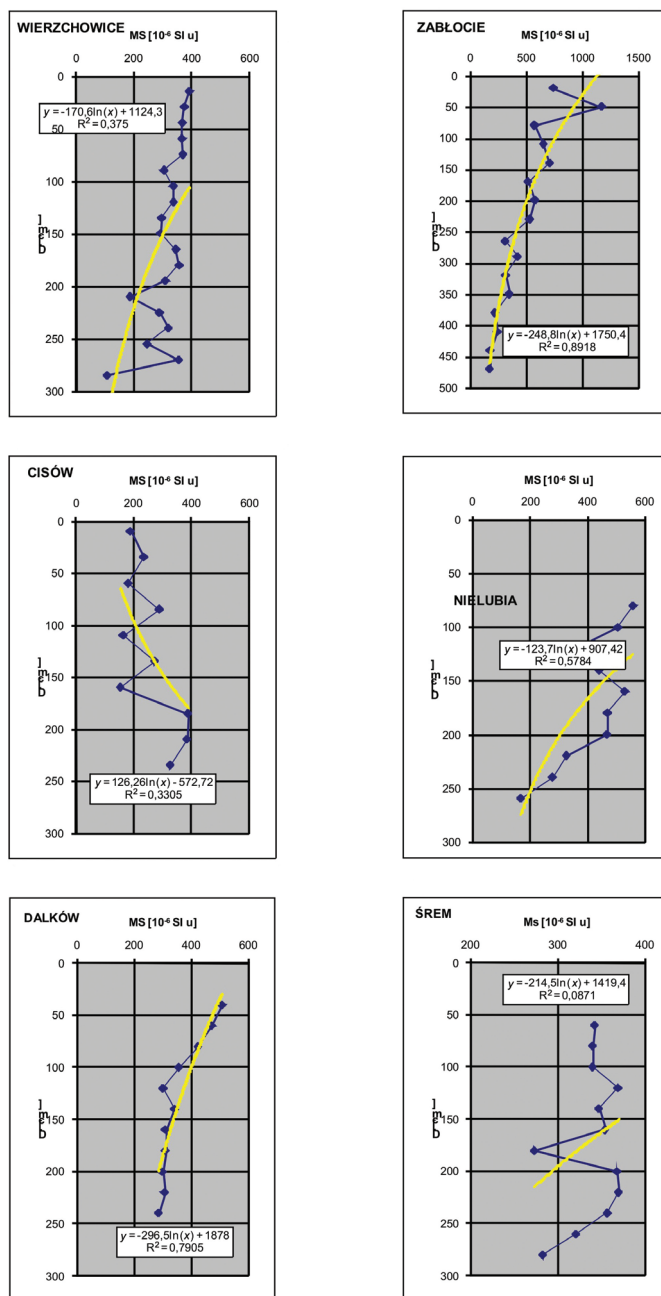
W większości analizowanych stanowisk wyraźna korelacja występuje pomiędzy podatnością magnetyczną (MS) a wskaźnikiem lessowym Lso , a w stanowiskach Cisów i Nielubia jest to zależność odwrotna. Również wartość mody (Mo) pozostaje w istotnym statystycznie związku z podatnością magnetyczną (MS), również dla danych ze stanowisk Cisów i Nielubia zależność jest dodatnia. W przypadku wskaźnika ilastości (Io) tylko dla stanowiska Nielubia i Zabłocie zachodzi istotny statystycznie związek, chociaż zależność ta pozostaje w odmiennych relacjach. Wskaźnik jednorodności tylko dla osadów lessowych ze stanowiska Zabłocie wykazuje istotny statystycznie związek z wartością podatności magnetycznej (tab. 1).

Określono również zależność statystyczną, wyrażoną współczynnikiem korelacji, pomiędzy podatnością magnetyczną (MS) a uziarnieniem, przedstawionym w postaci procentowego udziału w poszczególnych frakcjach [% obj.]. Dla badanych osadów w wydzielanych stanowiskach zależność ta jest znacząca dla frakcji piasku, pyłu drobnego i frakcji iłu koloidalnego (tab. 2).

Do podobnych wniosków doszli de Jong i współpracownicy (2000), badając relacje pomiędzy wartością podatności magnetycznej a uziarnieniem poszczególnych poziomów glebowych, dla gleb typu czarnoziem i gleb glejowych w Saskatchewan (Kanada). Wspomniani autorzy uzyskali dodatnią korelację pomiędzy wartością podatności magnetycznej a zawartością piasku ($> 53 \mu m$) w badanych glebach.

W analizowanych profilach lessów z rejonu Wzgórz Dalkowskich ze wzrostem zawartości węgla spada wartość podatności. W większości badanych profili zachodzi wysoka ujemna korelacja pomiędzy wartością podatności magnetycznej a zawartością węgla wapnia w osadach (tab. 2). Korelacja ta uzyskuje najwyższe wartości w profilach lessowych, w których występują nagromadzenia wtórnego węgla wapnia w postaci konkrecji węglanowych tzw. kukielek lessowych.

Na podstawie przeprowadzonych analiz można wskazać, że odpowiednią miarą relacji pomiędzy uziarnieniem a podatnością magnetyczną jest zarówno



Ryc. 3. Zmienność podatności magnetycznej (M_s) w badanych profilach lessowych z rejonu Wzgórz Dalkowskich, dodatkowo zaznaczono statystycznie określoną linię trendu zmian magnetyzmu środowiskowego

Fig. 3. Variability of magnetic susceptibility (M_s) In investigated loess profiles from Dalków Hills. Additionally marked statistical described trend's line of environmental magnetism changes

Tabela 1. Wartości statystyczne podatności magnetycznej: *Avg* – średnia, *Std* – odchylenie standardowe, *Max* – wartość maksymalna, *Min.* – wartość minimalna, oraz współczynniki korelacji między podatnością magnetyczną (*MS*) a cechami uziarnienia określonymi przez następujące wskaźniki uziarnienia: *Mo* – moda, *Lso* – wskaźnik lessowy, *Uni* – wskaźnik jednorodności, *Io* – wskaźnik ilastości; wskaźniki uziarnienia określono na podstawie danych otrzymanych z zastosowaniem metod optycznych

Table 1. Statistical values of magnetic susceptibility (*Ms*): *Avg* – average, *Std* – statistical deviation standardowe, *Max* – maxima value, *Min* – minimal value, and correlation coefficient between magnetic susceptibility and grain-size features described by *Mo* – moda, *Lso* – less coefficient, *Uni* – uniformity coefficient, *Io* – clay coefficient; All grain-size coefficients described by data received from optical grain-size analysis

Stanowisko	Wartości statystyczne podatności magnetycznej <i>MS</i> [10^{-6} SI u]		Współczynnik korelacji pomiędzy podatnością magnetyczną (<i>MS</i>) a wskaźnikami uziarnienia:			
			<i>Mo</i>	<i>Lso</i>	<i>Uni</i>	<i>Io</i>
Wierzchowice	<i>Avg</i>	312,89	-0,23	0,33	-0,11	-0,22
	<i>Std</i>	69,90				
	<i>Max</i>	391				
	<i>Min.</i>	108				
Zabłocie	<i>Avg</i>	485,19	-0,81	0,85	0,75	0,74
	<i>Std</i>	261,68				
	<i>Max</i>	1174				
	<i>Min.</i>	179				
Cisów	<i>Avg</i>	259,60	0,53	-0,64	0,39	-0,27
	<i>Std</i>	88,26				
	<i>Max</i>	390				
	<i>Min.</i>	155				
Nielubia	<i>Avg</i>	410,20	0,31	-0,33	-0,21	-0,81
	<i>Std</i>	124,73				
	<i>Max</i>	559				
	<i>Min.</i>	167				
Śrem	<i>Avg</i>	339,67	-0,39	0,48	-0,27	0,17
	<i>Std</i>	31,82				
	<i>Max</i>	371				
	<i>Min.</i>	274				
Dalków	<i>Avg</i>	358,09	-0,64	0,65	0,20	0,44
	<i>Std</i>	76,86				
	<i>Max</i>	510				
	<i>Min.</i>	288				
Łącznie	<i>Avg</i>	364,37	-0,48	0,59	-0,06	-0,28
	<i>Std</i>	153,65				
	<i>Max</i>	1174				
	<i>Min.</i>	108				

Tabela 2. Współczynniki korelacji między podatnością magnetyczną (MS) a udziałem procentowym w głównych frakcjach uziarnienia; dane otrzymano przy użyciu metod optycznych oraz zawartości węgla wapnia

Table 2. Correlation coefficients between magnetic susceptibility (Ms) and percentage value in main grain fractions (sand, coarse silt, fine silt, clay, colloidal clay) described by means of the optical grain-size analysis and the content of calcium carbonate – $CaCO_3$

Stanowisko	Piasek > 100 mm	Pył gruby 50–100 mm	Pył drobny 20–50 mm	łł < 20 mm	łł koloidalny < 2 mm	$CaCO_3$ [%]
Wierzchowie	–0,29	–0,14	0,39	0,04	–0,22	–0,62
Zabłocie	–0,78	–0,88	0,83	0,77	–0,74	–0,68
Śrem	–0,37	–0,03	0,47	0,22	0,18	0,55
Nielubia	0,29	0,27	–0,01	–0,41	–0,81	–0,25
Dalków	–0,59	0,02	0,73	0,19	0,44	–0,91
Cisów	0,57	–0,47	–0,59	–0,29	–0,23	–0,21
Łącznie	–0,40	–0,29	0,63	0,10	–0,30	–0,27

moda (Mo), jak i wskaźnik lessowy (Lso), a spośród frakcji istotne statystycznie są dwie – frakcja piasku i pyłu drobnego. Dlatego przeprowadzono analizę regresji pomiędzy: podatnością magnetyczną (MS) a modą (Mo), wskaźnikiem lessowym (Lso), procentową zawartością piasku i pyłu drobnego oraz węgla wapnia.

Precyzyjny pomiar uziarnienia w relacji z podatnością magnetyczną może istotnie wpłynąć na interpretację otrzymywanych danych paleomagnetycznych. Badania takie są intensywnie prowadzone dla lessów chińskich (Beer i in. 1993; An i in. 1991a, b; Zhou i in. 1990; Kukla i in. 1988; Vandenberghe i in. 1997) i amerykańskich (Beget i in. 1990; Feng i in. 1994a, b). W zamierzeniach dotyczących relacji pomiędzy podatnością magnetyczną a rozwojem tzw. kultur magnetycznych bakterii (*magnetotactic bacteria* (MTB)), w przypadku osadów lessowych i towarzyszącej jej ciągłej pedogenezy, wydają się być, niezwykle istotne.

LITERATURA

- An Z., Kukla G.J., Porter S.C., Xiao J., 1991a: *Late Quaternary dust flow on the Chinese Loess Plateau*. Catena, 18, 125–132.
- An Z., Kukla G.J., Porter S.C., Xiao J., 1991b: *Magnetic susceptibility evidence of monsoon variation on the Loess Plateau of central China during the last 130,000 years*. Quat. Res., 36, 29–36.
- Beer J., Shen C.-D., Heller F., Liu T.-S., Bonani G., Dittrich B., Suter M., Kubik P.W., 1993: *Be-10 and magnetic susceptibility in Chinese loess*. Earth Planet. Sci. Lett., 20, 57–60.
- Beget J.E., Stone D.B., Hawkins D.B., 1990: *Paleoclimatic forcing of magnetic susceptibility variations in Alaskan loess during the late Quaternary*. Geology, 18, 40–43.

- Cegła J., 1972: *Sedymentacja lessów Polski* [Loess sedimentation in Poland]. Acta Univ. Wratislaviensis, 168, 72 s.
- Czajka W., 1931: *Der Schlesische Landrücken*. Veröff. Schles. Ges. Erdk., 11, 156.
- Dearing J.A., Livingstone A., Zhou L.P., 1996b: *A late Quaternary magnetic record of Tunisian loess and its palaeoclimatic significance*. Geophys. Res. Lett., 23, 189–192.
- de Jong E., Pennock D.J., Nestor P.A., 2000: *Magnetic susceptibility of soils in different slope positions in Saskatchewan, Canada*, Catena, 40, 291–305.
- Derbyshire E., Kemp R., Meng X., 1995: *Variations in less and palaeosol properties as indicators of palaeoclimatic gradients across the Loess Plateau, North China*. Quat. Sci. Rev., 14, 681–697.
- Feng Z.-D., Johnson W.C., 1995: *Factors affecting the magnetic susceptibility of a loess-soil sequence, Barton County, Kansas, USA*. Catena, 24, 25–37.
- Feng Z.-D., Johnson W.C., Lu Y.-C., Sprowl D.R., 1994a: *Temporal variations in loess depositional environment in central Kansas during the past 400,000 years*. Earth Surf. Process. Landforms, 19, 2, 55–68.
- Feng Z.-D., Johnson W.C., Lu Y.-C., Ward P.A., 1994b: *Climatic signals from loess-soil sequences in the central Great Plains, U.S.A.* Palaeogeogr. Paleoclimatol., 110, 3–4, 345–358.
- Issmer K., 2000: *Późnoplejstocenyjskie osady lessowe na seriach glacialnych północno-zachodniej Polski oraz ich paleogeograficzne znaczenie*. PTPN, 27, 1–151.
- Issmer K., 2001: *Vistulian loess deposits in western Poland and their paleoenvironmental implications*. Quaternary Internat., 76/77, 129–139.
- Jary Z., 2007: *Zapis zmian klimatu w górnoplejstocenyjskich sekwencjach lessowo-glebowych w Polsce i w zachodniej części Ukrainy*. Rozprawy Naukowe Instytutu Geografii i Rozwoju Regionalnego Uniw. Wrocławskiego, 1, 134 s.
- Kondracki J., 2000: *Geografia fizyczna Polski*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa, 441 s.
- Kukla G., Heller F., Liu X.M., Xu T.-C., Liu T.-S., An Z.-S., 1988: *Pleistocene climates in China dated by magnetic susceptibility*. Geology, 16, 811–814.
- Lidtke H., 2001: *Das nordöstliche Brandenburg während der Weichseleiszeit*. [W:] S. Bussemer (red.), *Das Erbe der Eiszeit*, 119–134.
- Maher B.A., 1986: *Characterization of soils by mineral magnetic measurements*. Phys. Earth Planet. Inter., 42, 76–92.
- Maher B.A., 1988: *Magnetic properties of some synthetic submicronmagnetites*. Geophys. J., 94, 83–96.
- Maher B.A., 1991: *Inorganic formation of ultrafine-grained magnetite*. [W:] R.B. Frankel, R.P. Blakemore (red.), *Iron Biominerals*. Plenum, New York, 179–191.
- Maher B.A., Thompson R., 1992: *Paleoclimatic significance of the mineral magnetic record of the Chinese loess and paleosols*. Quat. Res., 37, 155–170.
- Maher B.A., Thompson R., 1995: *Paleorainfall reconstructions from pedogenic magnetic susceptibility variations the Chinese loess and paleosols*. Quat. Res., 44, 383–391.
- Maher B.A., Thompson R., Zhou L.P., 1994: *Spatial and temporal reconstructions of changes in the Asian palaeomonsoon: A new mineral magnetic approach*. Earth Planet. Sci. Lett., 125, 461–471.
- Nawrocki J., Bogucki A., Maruszczak H., Wojcik A., 1995: *The magnetic susceptibility record in the Polish and western Ukrainian loess paleosol sequences conditioned by paleoclimate*. Terra Nostra, 2, 197.
- Nawrocki J., Polechińska O., Boguckij A., Lanczont M., 2006: *Palaeowind directions recorded in the youngest loess of Poland and western Ukraine as derived from anisotropy of magnetic susceptibility measurements*. Boreas, Vol. 35, 266–271.
- Schwarzbach M., 1942: *Das Diluvium Schlesiens*. Neuen Jb. Miner. Geol. Paläont., Bd. 86, 189–215.
- Thompson R., Oldfield R., 1986: *Environmental Magnetism*. London.

- Vandenberghe J., An Z.S., Nugteren G., Lu H., Van Huissteden J., 1997: *New absolute time scale for the Quaternary climate in the Chinese loess region by grain-size analysis*. *Geology*, 25, 1, 35–38.
- Walden J., Wadsworth E., Austin W.E.N., Peters C., Scourse J.D., Hall I.R., 2006: *Compositional variability of ice-rafted debris in Heinrich layers 1 and 2 on the northwest European continental slope identified by environmental magnetic analyses*. *J. Quaternary Sci.*, Vol. 22.
- Zhou L.-P., Oldfield F., Wintle A.G., Robimson S.G., Wang J.-T., 1990: *Partly pedogenic origin of magnetic variations in Chinese loess*. *Nature*, 346, 737–739.