

Mikromorfologia powierzchni ziaren eolicznego pyłu kwarcowego z pokryw stokowych Ślęży (Przedgórze Sudeckie)

Barbara Woronko*, Roman Żurawek**

Micromorphology of aeolian silt-size quartz grains from slope covers of Mt. Ślęża, Sudetic Foreland, SW Poland. Pr. Geol., 52: 321–324.

S u m m a r y. Three samples of aeolian silty deposits from slopes of Mt. Ślęża (Sudetic Foreland, SW Poland) have been observed in scanning electron microscope in order to define their characteristic micromorphologic features. Four categories of quartz grains have been distinguished, i.e.: fresh, coated, etched, and broken. The majority (up to 70 %) of particles was fresh, with well visible conchoidal or linear fractures, possibly with initial coating, the percentage of coated and etched particles varied depending on sample investigated and there were very few broken particles (less than 8 %). This characteristic shows that the silty deposits have been little affected by epigenetic processes. Fluvial sediments, fluvio-glacial deposits or older aeolian covers have been assumed as possible source of the loessic silt.

Key words: micromorphology, loess, SEM, Mt. Ślęża, Sudetic Foreland

Stoki wzgórz Przedgórze Sudeckiego powleczone są do wysokości średnio 300 m n.p.m. pokrywą osadów eolicznych o cechach lessu. Powyżej tej wysokości pyłowy komponent pokryw ustępuje miejsca produktom procesów stokowych. Jednak powyżej poziomicy 500 m n.p.m. na stokach Ślęży — 718 m n.p.m. (ryc. 1) zaobserwowano warstwę osadu wyraźnie wzbogaconego w słomkowy, mączysty pył (Żurawek, 1997). Analiza składu chemicznego frakcji pylastej w skaningowym mikroskopie elektronowym zaopatrzonym w detektor rentgenowski wskazuje na pochodzenie tego pyłu spoza Masywu Ślęży. Stwierdzenie to wynika z faktu, że szczyt Ślęży oraz jej wschodnie stoki są zbudowane z gabra, tj. skały nie zawierającej minerałów z grupy krzemionki, natomiast analizowane osady pylaste złożone są przede wszystkim z kwarcu, a tylko w niewielkim stopniu z minerałów pochodzących z wietrzenia *in situ* skał podłoża. Wniosek taki w kontekście petrologii i geomorfologii obszaru badań pozwala stwierdzić, że osady te mają eoliczną genezę, mimo że odbiegają cechami litologicznymi od typowego lessu i zalegają znacznie powyżej jego górnego zasięgu (Woronko & Żurawek, 2002).

Tym samym możliwe jest studium innych cech osadu o zasadniczo znanej genezie, co staje się szczególnie istotne w przypadku metody dającej wyniki tak trudne do interpretacji, jak analiza mikromorfologii powierzchni ziaren kwarcu frakcji pyłowej. Ziarna frakcji pyłu są przenoszone w zawieszynie i nie podlegają kolizjom niezależnie od środowiska transportu. Dzięki temu analiza mikromorfologii powierzchni ziaren kwarcu może dostarczyć informacji o źródle osadów. Ponadto jest możliwe wnioskowanie na podstawie cech mikromorfologii o procesach postsedymentacyjnych, jakim podlegał osad (Rywocka-Kenig, 1997; Woronko 2000).

Metody badań

W celu zbadania mikromorfologii powierzchni ziaren kwarcu frakcji pyłowej (0,063–0,020 mm) zostały pobrane próbki osadu z trzech profili zlokalizowanych na stokach Ślęży na wysokości 508 m n.p.m. (II/B), 414 m n.p.m. (II/C) oraz 280 m n.p.m. (II/E) — po jednej z każdego z trzech opisanych wcześniej profili osadów stokowych Ślęży (Woronko & Żurawek, 2002). Zastosowano skanin-

gowy mikroskop elektronowy Philips XL 20. Z każdej próbki przebadano po 100 ziaren kwarcu mieszczących się w przedziale frakcji 0,063–0,03 mm. Przed przystąpieniem do analizy badane próbki zostały wytrawione w 10% HCl. Następnie płukano je kilkakrotnie w wodzie destylowanej i wysuszono na wolnym powietrzu, po czym umieszczono na stolniczku i napyłono platyną.

Wydzielono cztery kategorie ziaren w zależności od cech mikromorfologii ich powierzchni:

□ świeże — o ostrych krawędziach i narożach, nie wykazujące efektów wietrzenia chemicznego, bądź ze śladami wietrzenia w inicjalnym stadium;

□ trawione, tj. noszące ślady wietrzenia chemicznego, prowadzącego najczęściej do zaokrąglenia wszelkich krawędzi i naroży ziarna, a także powstania mikroform punktowych (*holes*) oraz liniowych (*etched channels*) o wyraźnych ostrych krawędziach i dużej głębokości w stosunku do szerokości;

□ oskorupione, tj. z powierzchnią pokrytą skrytokrystaliczną krzemionką i glinokrzemianami (analiza detektorem rentgenowskim wykazała, że w większości przypadków są to minerały wtórne powstałe z wietrzenia glinokrzemianów);

□ pęknięte.

Kategorii tych nie traktowano rozłącznie (stąd procentowe wartości zilustrowane na diagramie (ryc. 2) nie sumują się do 100%).

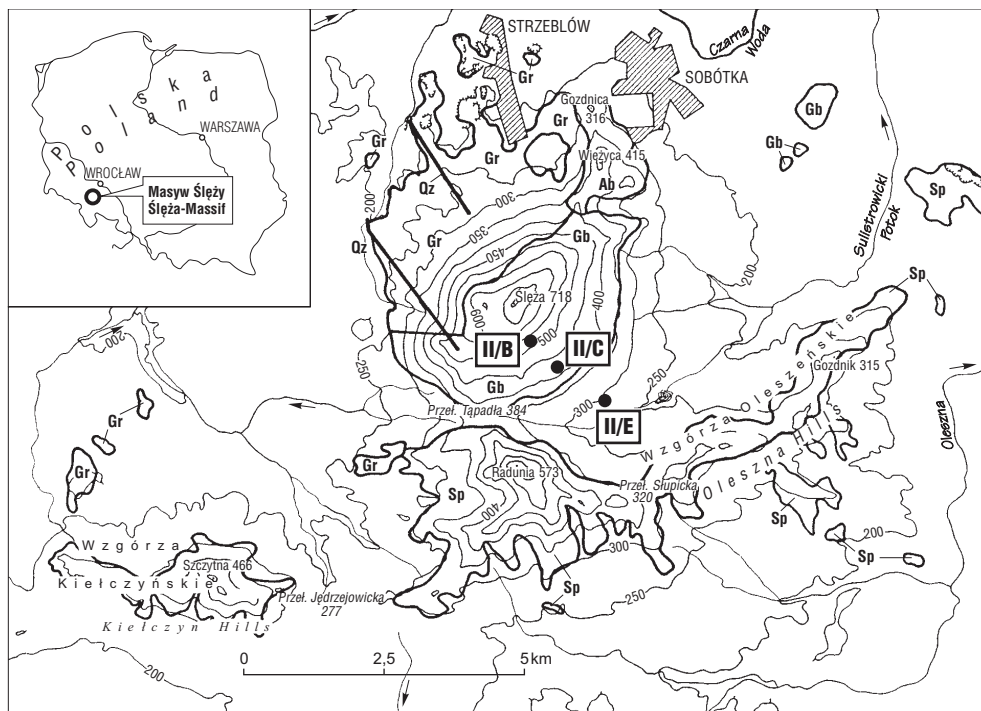
Wyniki

W każdej z badanych próbek wyraźną większość — ok. 70% (ryc. 2) — stanowią ziarna świeże (ryc. 3), nie wykazujące efektów trawienia ani oskorupienia, bądź z oskorupieniem w inicjalnym stadium (ryc. 4) — wyłącznie w zagłębieniach, w których z racji dużego napięcia powierzchniowego koncentruje się woda związana fizycznie. Większość ziaren świeżych wykazuje doskonale czytelne przełamy muszlowe, bądź linijne (ryc. 3), a nieliczne — również mikrotekstury wskazujące na kierunek naprężeń powodowanych przez siłę kruszącą.

Zróznicowanie udziału ziaren o powierzchni oskorupionej jest znacznie większe. W próbce II/B ich udział wynosi 32%, w II/C 12%, w II/E zaś 18%. Wśród ziaren wtórnie oskorupionych nie stwierdzono takich, których powierzchnia w całości pokryta byłaby ciągłą skorupą — przynajmniej krawędzie były jej pozbawione.

Najbardziej zróżnicowana jest jednak zawartość ziaren trawionych, wynosząca odpowiednio 10, 41 i 26% (ryc. 2).

*Uniwersytet Warszawski, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych, ul. Krakowskie Przedmieście 30, 00-927 Warszawa; woronko@uw.edu.pl; zurawek@wp.pl



Ryc. 1. Masyw Ślęży — zarys topografii i budowy geologicznej. Sp — serpentynit; Gb — gabbro; Ab — amfibolit; Gr — granit; Qz — kwarc żyłowy; na pozostałym obszarze — osady kenozoiczne, głównie późnoplejstoceńskie pokrywy pyłowe. Na podstawie Geologische Karte von Preußen und benachbarten deutschen Ländern 1:25000, arkusze Zobten, Weizenrodau, Mörschelwitz oraz Ingramsdorf. Zaznaczono lokalizację profili z analizowanymi osadami

Fig. 1. The Ślęza-Massif — topography and geological setting. Sp — serpentinite; Gb — gabbro; Ab — amphibolite; Gr — granite; Qz — vein quartz; other areas — Cainozoic sediments, mainly the Late Pleistocene silty sediments (loess and loess-like deposits). Source: Geologische Karte von Preußen und benachbarten deutschen Ländern 1:25000, sheets Zobten, Weizenrodau, Mörschelwitz and Ingramsdorf. Location of the profiles with the sediments analysed has been marked

Obok ziaren ze śladami selektywnego wietrzenia wzrostów innych minerałów, a także o powierzchniach z ewidentnymi mikroformami z wietrzenia chemicznego (Kransley & Doornkamp, 1973), stwierdza się ziarna bardzo silnie trawione na wszystkich widocznych powierzchniach (ryc. 5). Charakteryzuje je ponadto zaokrąglenie wszelkich krawędzi, wobec dużego zróżnicowania tej cechy należy jednak przyjąć, że pochodzą one z wcześniejszych etapów obróbki ziaren.

Udział ziaren pękniętych jest niewielki i wynosi odpowiednio 1, 4 i 8% (ryc. 2). W mikromorfologii części ziarn zapisało się przy tym kilka etapów ich kształtowania (ryc. 6).

Interpretacja

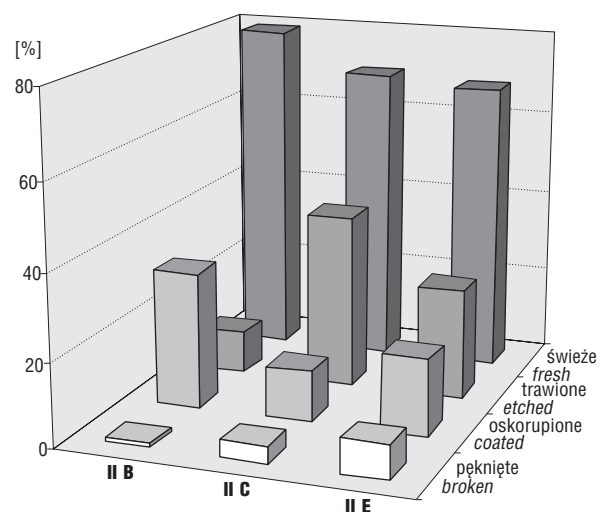
W odróżnieniu od ziaren frakcji piaszczystej, których powierzchnia jest nośnikiem informacji o środowisku transportu (Goździk, 1980; Mycielska-Dowgiałło & Woronko, 1998; Woronko, 2001), możliwości zastosowania, we wnioskowaniu o procesach transportu analizy mikromorfologicznej ziaren frakcji pyłu są bardzo ograniczone. Wynika to stąd, że podobnie jak w środowisku wodnym, również w atmosferze ziarna tej frakcji przenoszone są głównie w zawieszynie i w trakcie transportu nie podlegają kolizjom (Cegła, 1972). Dlatego też, na ich powierzchniach nie obserwuje się typowych cech mikrorzeźby powstałych w wyniku abrazji (Rywocka-Kenig, 1997; Woronko, 2000). Jedyny wyjątek stanowi transport glacialny — duże naprężenia w masie lodowo-skalnej działają — ten sam sposób na ziarna grubszych frakcji, jak i na cząstki frakcji pyłu, czego efektem jest powstawanie świeżych

przełamów. Dla frakcji piasku mikrorzeźba taka interpretowana była jako efekt niszczenia glacialnego, np. przez Mahaneya (1995). Jary (1996) z kolei interpretację taką zastosował w odniesieniu do ziaren frakcji pyłu z lessów południowo-zachodniej Polski.

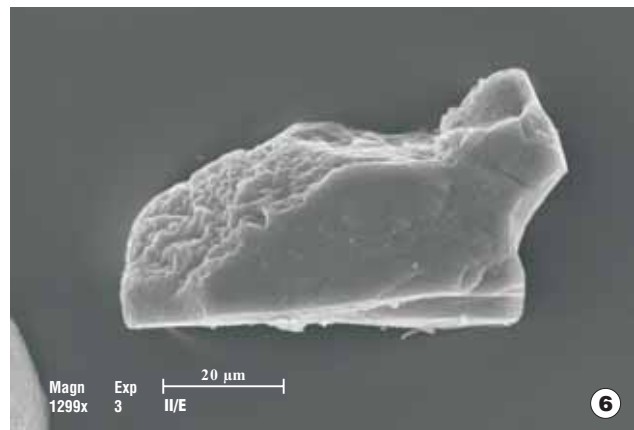
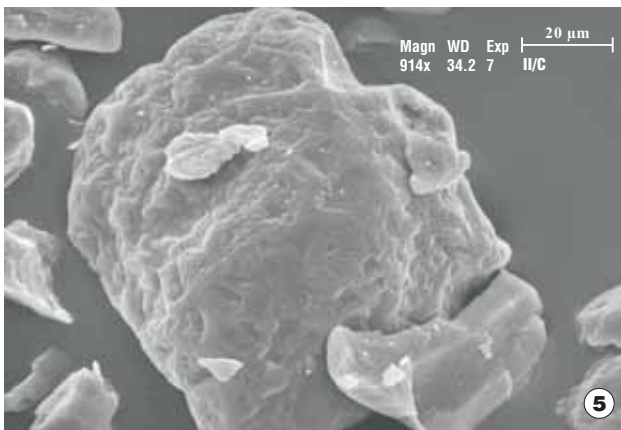
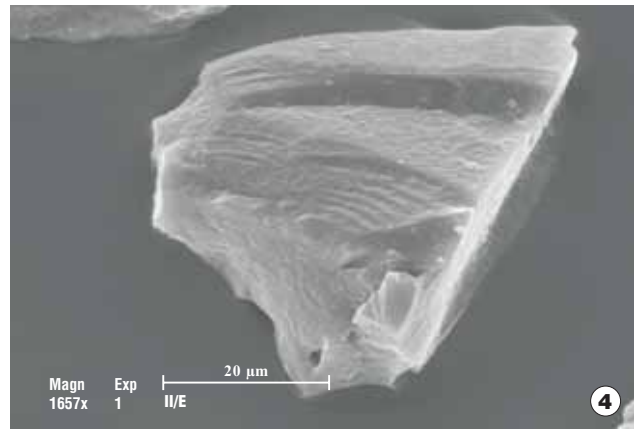
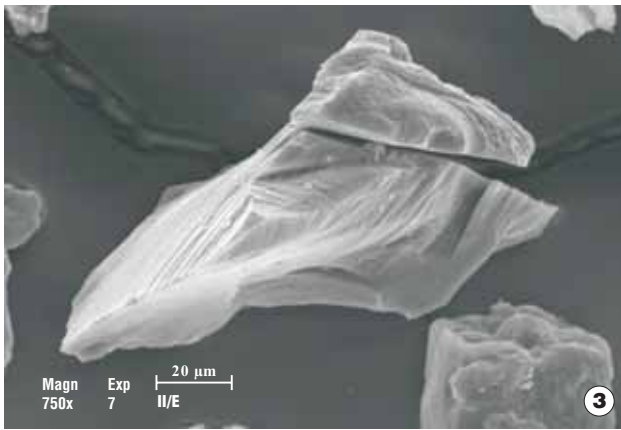
Konserwatywność cech mikrorzeźby, jaką ziarna pyłu zawdzięczają transportowi w suspensji, uniemożliwia określenie czynnika tego transportu, jednocześnie jednak pozwala ona na próby odtworzenia historii osadu sprzed ostatniego epizodu redepozycyjnego, a co za tym idzie — identyfikacji jego źródła. Ponadto na podstawie cech rzeźby ziaren pyłu kwarcowego można wnioskować o charakterze i natężeniu

procesów postsedymentacyjnych jakim podlegał osad (Rywocka-Kenig, 1997; Woronko, 2002).

Zdecydowana przewaga w każdej z badanych próbek ziaren świeżych wskazuje na niewielkie znaczenie procesów postsedymentacyjnych dla kształtowania ich mikrorzeźby. Obecność ziaren o powierzchni silnie trawionej, bądź wyraźnie oskorupionych jest raczej cechą odziedziczoną sprzed ostatniego epizodu redepozycyjnego, a



Ryc. 2. Udział ziaren kwarcu o wyróżnionych cechach mikromorfologii (w 100% ziaren kwarcu) w danej próbce
Fig. 2. The percentage of quartz grains showing distinguished features (100% is population of quartz grains in each sample)



Ryc. 3. Świeże ziarno kwarcu z wyraźnymi przełamami muszlowymi i linijnymi (próbka II/E)

Fig. 3. A quartz particle showing distinct fresh conchoidal and linear fractures (sample II/E)

Ryc. 4. Świeżo pęknięte ziarno kwarcu, z inicjalnym oskorupianiem (próbka IIE)

Fig. 4. Freshly fractured quartz particle with initial coating (sample IIE)

Ryc. 5. Silnie zwiertzałe ziaren kwarcu (próbka IIC)

Fig. 5. A strongly weathered quartz particle (sample IIC)

Ryc. 6. Pęknięte ziarno kwarcu, będące fragmentem starszego ziarna o silnie trawionej powierzchni (próbka II/E)

Fig. 6. Broken quartz grain that is a piece of an older grain with chemically etched surface (sample II/E)

świadczy o tym znaczne zróżnicowanie zawartości takich ziaren w poszczególnych próbkach. Należy przy tym zaznaczyć, że zróżnicowanie to w części wynikać może z cech samego „substratu”, tj. niejednakowej podatności różnych typów krzemionki na wietrzenie chemiczne (Coudé-Gausson, 1991). Na przykład w przypadku części ziaren (por. ryc. 5) trawienie jest tak wyraźne, że może sugerować organiczne pochodzenie krzemionki, dzięki dużej porowatości, stosunkowo łatwo poddającej się temu procesowi.

Efektom działania procesów postsedymentacyjnych musi być natomiast obserwowane inicjalne oskorupianie, którego przejawem jest krystalizacja minerałów wtórnych we wszelkiego typu mikrozagłębieniach na powierzchni ziaren. Obok powszechności tej cechy argumentem za taką interpretacją może być spostrzeżenie, że największy udział ziaren oskorupionych stwierdzono w próbce II/B, pobranej z nieco mniejszej, niż pozostałe, głębokości. Osad ten pochodzi przy tym z poziomu brunatnienia gleby brunatnej (Żurawek, 1997), w przypowierzchniowej warstwie wzbogaconej w grube frakcje, ułatwiającej infiltrację roztworów glebowych. Wskazywałoby to na zależność stopnia oskorupienia cząstek od ich ekspozycji na działanie roztworów glebowych już po złożeniu na stoku Ślęży.

Znaczny udział w każdej z badanych próbek ziaren świeżych, o czytelnym kształcie i przełamach, pozwala przyjąć za mało prawdopodobne pochodzenie frakcji

pyłowej z niszczenia glin morenowych. Jak wynika z badań Woronko (2000), udział oskorupionych ziaren kwarcu frakcji pyłu w glinie morenowej jest zwykle wyraźnie wyższy, niż w innego typu osadach i może dochodzić nawet do 100%. Poza tym jednak dominacja ziaren świeżych w analizowanych próbkach czyni wnioskowanie o źródle materiału niezwykle trudnym. Produkcja ziaren tej frakcji dokonuje się bowiem wskutek działania naprężeń fizycznych i, niezależnie od procesu, który je powoduje, świeżo powstałe ziarna charakteryzować się będą ostrymi krawędziami i świeżymi przełamami. Także obecność mikrostruktur, wskazujących na kierunki działania sił powodujących dezintegrację, nie pozwala na identyfikację procesu ją powodującego. Procesem tym może zaś być zarówno praktycznie każdy rodzaj wietrzenia mechanicznego, jak i sprężyste oddziaływanie pomiędzy ziarnami mineralnymi grubszych frakcji w różnych środowiskach (np. rzeczonym, wodnolodowcowym, lodowcowym, litoralnym). W odniesieniu do środowisk wodnych wykazały to badania, np. Mossa i in. (1973). Ziarna pyłu mogą być produkowane w wyniku sprężystych zderzeń między cząstkami również na drodze korozji, a empirycznego tego dowodu dostarczają badania współczesnych procesów eolicznych prowadzone przez Darmody & Thorna (1987).

Z poczynionych przez nich obserwacji ziaren frakcji piasku drobnoziarnistego (ϕ 3–4) wynika, że produkty ich kolizji muszą być ziarnami o bardzo świeżej rzeźbie: ostrych krawędziach i świeżych, muszlowych przełamach. Należy przy tym zaznaczyć, że efektywność tego środowiska spada dosyć szybko, wraz z postępującym zaokrągleniem powierzchni ziarna (Wright i in., 1998). Transport w zawieszynie tak powstałych cząstek sprzyja jedynie zachowaniu świeżych cech mikrorzeźby. Istotne jest zatem wyraźne rozgraniczenie procesu produkcji ziaren pyłu od ich transportu, mimo że czynnikiem obu tych procesów jest wiatr.

W tym miejscu nasuwa się pytanie o wydajność poszczególnych procesów, odpowiedzialnych za powstanie ziaren świeżych i ostrokrawędzistych. Interesujących danych dostarcza tu eksperyment laboratoryjny przeprowadzony przez Wright i in. (1998). Symulacja produkcji pyłu w procesach korazji (1), rozdrabniania w wysokoenergetycznym środowisku rzeczonym (2), kruszenia glacialnego (3) oraz wietrzenia solnego (4) i mrozowego (5) wykazała, że frakcja "lessowa", a za taką autorzy przyjęli przedział 20–60 μ m, powstawała najwydajniej wskutek niszczenia eolicznego oraz w środowisku wody płynącej rzek żwirowodnych, w momencie gdy wszystkie frakcje są uruchamiane i uczestniczą w transporcie. Oczywiście warunki eksperymentu laboratoryjnego odbiegają od naturalnych, ale porównanie wartości względnych otrzymanych dla pięciu wymienionych procesów wskazuje na różnicę rzędu wielkości między korazją (287 g/kg po 96 godzinach eksperymentu) i rozdrabnianiem fluwialnym (900 g/kg po 32 godzinach) z jednej strony, a kruszeniem glacialnym (47 g/kg po 24 godzinach kruszenia) i eksudacją (42 g/kg po 40 cyklach krystalizacji) z drugiej. Ilość pyłu uzyskana wskutek wietrzenia mrozowego była z kolei tak mała (0,44g/kg po 360 cyklach zamrażania i rozmrażania), że różniła się względem środowiska fluwialnego czterema rzędami wielkości.

W świetle wyników Wright i in. (1998) można przyjąć, nawet jeśli są to rozważania wyłącznie w kategoriach mniejszego, bądź większego prawdopodobieństwa, że bardziej uzasadnione jest poszukiwanie źródeł pyłu w osadach wodnolodowcowych, rzecznych, czy też innych osadach eolicznych (np. piaskach pokrywowych), niż w produktach wietrzenia.

Występowanie na dużą skalę peryglacialnych pokryw aluwialnych podczas zlodowacenia wisły, kiedy kształtowała się najmłodsza generacja pokryw eolicznych w południowo-zachodniej Polsce (Tietze, 1910; Schwarzbach, 1942; Jary, 1996), pozwala z kolei wskazać właśnie osady tego typu, jako najbardziej prawdopodobne źródło pyłu. Pozbawione roślinności i modelowane przy udziale wiatru dna dolin rzek roztokowych, w przypadku większych z nich, np. Odry, tworzące rozległe „sandry peryglacialne” (ang. *periglacial sandur* — French, 1996), z powodzeniem mogły pełnić rolę źródła materiału drobnofrakcyjnego dla pokryw eolicznych Niziny Śląskiej i Przedgórze Sudeckiego. Stwierdzenie wysokiego udziału ziaren o powierzchni trawionej chemicznie nie stoi w sprzeczności z taką interpretacją — w plejstocenijskich terasach, np. Odry duży udział ziaren żwiru o zachowanych od trzeciorzędu charakterystycznych cech morfologii wska-

zującej na wietrzenie chemiczne jest powszechny (np. Kucharski, 1981).

Wnioski

1. Do najważniejszych cech mikromorfologii powierzchni ziaren kwarcu frakcji pyłowej stanowiących eoliczny komponent osadów stokowych Ślęży należą: dominacja ziaren świeżych, o czytelnych muszlowych bądź liniowych przełamach, duże zróżnicowanie w badanych próbkach zawartości ziaren oskorupionych i trawionych oraz nieznaczna ilość ziaren pękniętych.

2. Inicjalne oskorupienie znacznej części ziaren we wszystkich przeanalizowanych próbkach wskazuje na słabe postsedymencyjne przeobrażenie osadu przez procesy glebowe.

3. Przewaga ziaren o świeżych cechach mikromorfologii pozwala uznać osady rzeczne, wodnolodowcowe lub eoliczne za prawdopodobne źródło pokryw pyłowych na stokach Ślęży.

Literatura

- CEGŁA J. 1972 — Sedymencja lessów Polski. Acta Universitatis Wratislaviensis, 168. Stud. Geograf., 17: 1–71.
- COUDÉ-GAUSSIN G. 1991 — Les poussières sahariennes. Cycle sédimentaire et place dans les environnements et paléoenvironnements désertiques. John Libbey CIC Paris.
- DARMODY R. G. & THORN C. E. 1987 — Weathering status of present-day eolian infall and Alpine tundra surfaces, Front Range, Colorado. Physical Geography, 8: 46–56.
- FRENCH H. M. 1996 — The Periglacial Environment. Second Edition. Longman: 1–341.
- GOZDZIK J. 1980 — Zastosowanie morfometrii i graniformometrii do badań osadów w kopalni węgla brunatnego Bełchatów. Stud. Regionalne, IV (IX). PWN Warszawa–Łódź: 101–114.
- JARY Z. 1996 — Chronostratygrafia oraz warunki sedymencji lessów południowo-zachodniej Polski na przykładzie Płaskowyżu Głubczyckiego i Wzgórz Trzebnickich. Acta Universitatis Wratislaviensis, 1766. Stud. Geograficzne, 63: 1–99.
- KRINSLEY D.H. & DOORNKAMP J.C. 1978 — Atlas quartz sand and silt. Geo Abstract.
- KUCHARSKI J. 1981 — Objasnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski. Arkusz Brzeg Dolny. Wydawnictwa Geologiczne.
- MAHANEY W. C. 1995 — Pleistocene and Holocene glacier thicknesses, transport histories and dynamics inferred from SEM microtextures on quartz particles. Boreas, 24: 293–304.
- MOSS A.J. 1966 — Origin, shaping and significance of quartz sand grains. J. Geol. Soc., 13: 97–136.
- MYCIELSKA-DOWGIAŁŁO E. & WORONKO B. 1998 — Analiza obtoczenia i zmatowienia powierzchni ziarn kwarcowych frakcji piaszczystej i jej wartość interpretacyjna. Prz. Geol., 46: 1275–1281.
- RYWOĆKA-KENIG K. 1997 — Mikrorzeźba powierzchni ziaren kwarcu z lessów. Pr. Państw. Inst. Geol., 140: 1–53.
- SCHWARZBACH M. 1942 — Das Diluvium Schlesiens. Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie, 86, Beilage-Band, Abt. B: 189–243.
- TIETZE O. 1910 — Die geologischen Verhältnisse der Umgegend von Breslau. Jahrbuch der Preußischen Geologischen Landesanstalt, 31: 258–298.
- WORONKO B. 2000 — Geneza osadów pylastych w formach kemo-wych zlodowacenia Warty i Wisły. Maszynopis pracy doktorskiej.
- WORONKO B. 2001 — Znaczenie analizy obtoczenia i zmatowienia powierzchni ziarn kwarcowych frakcji piaszczystej w interpretacji genetycznej osadów czwartorzędowych. [W:] Mycielska-Dowgiałło, E. (red.) — Eoliczacja osadów jako wskaźnik stratygraficzny czwartorzędu. Warszawa: 33–38.
- WORONKO B. & ŻURAWEK R. 2002 — Allochtoniczność pokryw pyłowych na stokach Ślęży (Przedgórze Sudeckie) w świetle analizy ich składu chemicznego w skaningowym mikroskopem elektronowym (SEM). Przegląd Geologiczny, 50: 536–540.
- WRIGHT J., SMITH B. & WHALLEY B. 1998 — Mechanism of loess-sized quartz silt production and their relative effectiveness: laboratory simulations. Geomorphology, 23: 15–34.
- ŻURAWEK R. 1997 — Wpływ procesów rzeźbotwórczych na kształtowanie się gleb Masywu Ślęży. Praca magisterska (nie publikowana). Arch. Wydziału Nauk Przyrodniczych Uniwersytetu Wrocławskiego: 1–104.