

Jerzy NOWAK

**Charakterystyka uziarnienia utworów pyłowych strefy krawędziowej
północnej części Wyżyny Lubelskiej**

**Характеристика грануляции пылевых отложений зоны краевого уступа
северной части Люблинской возвышенности**

**Characterization of Granulation of Silty Formations of the Marginal Zone
in the Northern Part of the Lublin Upland**

Problematyka czwartorzędowych utworów pyłowych budzi od dawna duże zainteresowanie wśród badaczy zajmujących się tym okresem. Większość publikacji geologicznych i geomorfologicznych poświęcona jest głównie zagadnieniom genezy, stratygrafii, sedymentacji lessów oraz ich właściwościom geotechnicznym. Znacznie mniej opracowań dotyczy charakterystyki innych rodzajów utworów pyłowych, jak np. pokrywowych utworów pyłowych, lessów piaszczystych, glin pylastych czy mułków. Niewątpliwie utwory lessowe, jak i cała różnorodna grupa utworów pyłowych podobnych do lessów, są słabiej zbadane pod względem litologicznym.

Niniejsza praca obejmuje szczegółową charakterystykę granulometryczną utworów pyłowych strefy krawędziowej północnej części Wyżyny Lubelskiej na obszarze między miejscowością Garbów a rzeką Bystrzyca. Podjęto również próbę ustalenia kryteriów granulometrycznych, ułatwiających podział i klasyfikację utworów pyłowych.

Badania nad utworami pyłowymi skoncentrowano na pograniczu Płaskowyżu Nałęczowskiego i Wysoczyzny Lubartowskiej, czyli na obszarze ząbienia się strefy wyżyn z nizinami środkowopolskimi. Na tym terenie istnieje dobra sposobność przesłedzenia zróżnicowania przestrzennego oraz porównania różnych odmian litologicznych skał pyłowo-eolicznych. Ponadto o wyborze tego obszaru zadecydowały również takie względy, jak: brak szczegółowych litologicznych badań osadów czwartorzędowych.

wych tego terenu oraz występowanie między Garbowem a Bystrzycą najrozleglejszego płata pokrywowych utworów pyłowych w strefie krawędziowej Wyżyny Lubelskiej.

ROZPRZESTRZENIENIE I SPOSÓB WYSTĘPOWANIA UTWORÓW PYŁOWYCH

Utwory pyłowe na badanym obszarze stanowią dość zwarte, jednolity płat. Pokrywowe utwory pyłowe występują w postaci wyraźnej strefy o szerokości 3—5 km na równinnych obszarach wierzchwinowych południowej części Wysoczyzny Lubartowskiej. Jedynie w obniżeniach dolinnych stwierdzono pewne luki w występowaniu tych osadów. W kierunku północnym pokrywowe utwory pyłowe przechodzą stopniowo w osady piaszczyste. Miąższość pokrywowych utworów pyłowych jest niewielka i waha się od 30 cm do 2 m, a tylko sporadycznie dochodzi do 3 m. Są to osady podobne makroskopowo do lessów, charakteryzujące się na ogół barwą jasnożółtą w różnych odcieniach, niekiedy barwą jasnopopielatą lub żółtosiwą. Dość często daje się zauważyć charakterystyczna szarżółta lub żółtopopielata plamistość utworów pyłowych. Na ogół mają teksturę bezładną, ale w niektórych odkrywkach zauważyć można niewyraźne warstwowanie lub subtelną laminację. W kilku profilach stwierdzono wyraźne przewarstwienia piaszczyste o parocentymetrowej grubości.

Pokrywowe utwory pyłowe najczęściej zalegają na różnorodnych osadach okrucowych; piaszczystych, piaszczysto-żwirowych z otoczkami skał północnych i lokalnych, czasami na glinach morenowych, a w południowo-wschodniej części w okolicach Ciecierzyna i Sobianowic na zwierzelinie skał węglanowych paleocenu.

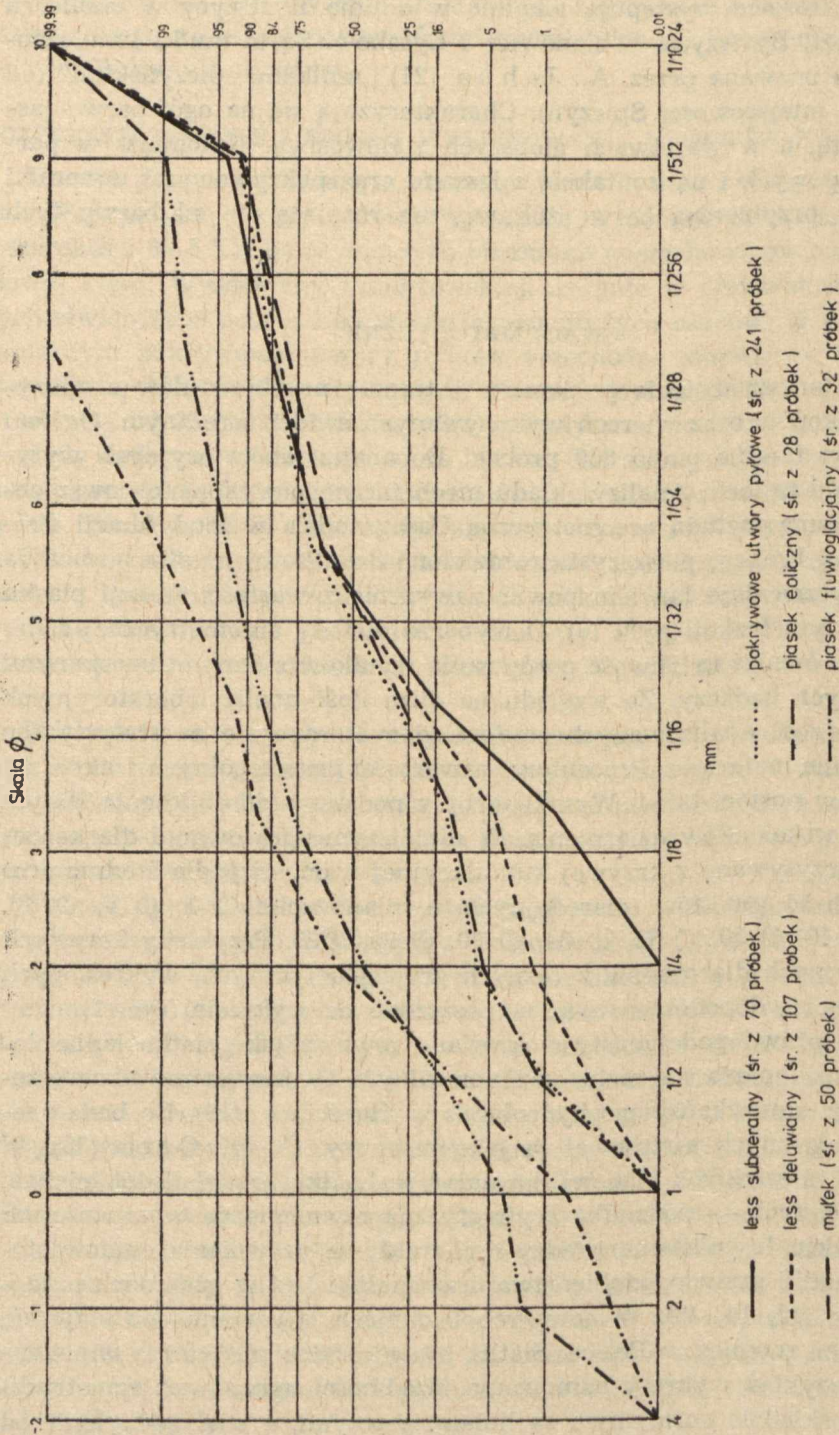
Utwory pyłowe deluwialne występują głównie w bezpośredniej strefie północnej krawędzi Płaskowyżu Nałęczowskiego. Miąższość ich waha się od 3 m do 15 m. Charakteryzują się obecnością znacznej liczby przewarstwień piaszczystych. Lessy deluwialne niepostrzeżenie przechodzą w kierunku południowym w lessy subaeralne (wierzchwinowe) o miąższości maksymalnej 15—20 m. Eoliczny less subaeralny tworzy dość zwartą pokrywę wchodzącą w skład rozległego płata lessowego Płaskowyżu Nałęczowskiego. Less nie występuje w środkowym i dolnym odcinku doliny Ciemięgi oraz w górnym odcinku doliny Kurówki. Jak wynika z analizy wierceń (materiały z Arch. Dokum. Wierceń Urz. Wojew. w Lublinie), w zachodniej części badanego terenu podłożem lessów głębokich są z reguły gliny piaszczyste i ilaste o barwie szarej lub brunatnej z otoczkami skał północnych, we wschodniej zaś w podłożu lessów oprócz glin występują często piaski drobnoziarniste zapyłone lub nawet mułki, piaski ze żwirami skał północnych i lokalnych oraz zwierzeliny skał węglanowych.

Mułki lessowe występują lokalnie w dolinie Bystrzycy w okolicach wsi Charleż, Bystrzyca, Sobianowice i Łysaków. Są to mułki limniczno-fluwialne nazwane przez A. J a h n a (21) „mułkami spiczyńskimi” (od pobliskiej miejscowości Spiczyn). Charakteryzują się na ogół barwą jasnopopielatą, a w warstwach głębszych stalowosiwą. Natomiast w partiach stropowych i na kontakcie z lessami oraz pokrywowymi utworami pyłowymi przybierają barwę żółtawą, nie różniącą się od barwy tych skał.

UWAGI METODYCZNE

Do badań uziarnienia pobierano w terenie próbki osadów z odkrytek i wykopów oraz wierceń wykonywanych świdrem ręcznym. Ogółem pobrano w terenie około 800 próbek. Do analiz laboratoryjnych wytypowano 570 próbek. Analizy składu mechanicznego wykonano powszechnie stosowaną metodą areometryczną Casagrande'a w modyfikacji Prószyńskiego. Frakcję piaszczystą rozdzielono dodatkowo na sitach, metoda areometryczna daje bowiem pewne zawyżenie zawartości frakcji piasku na niekorzyść frakcji pyłu (6). O wyborze metody areometrycznej zdecydowała również możliwość porównania wyników z danymi uzyskanymi przez innych badaczy. Ze względu na dużą ilość analiz laboratoryjnych i różnorodność analizowanych osadów zdecydowano się na statystyczne opracowanie materiału. Procentowe zawartości poszczególnych frakcji zestawiano w postaci tabel. Wyniki te były podstawą do obliczenia statystycznych wskaźników uziarnienia. W niniejszym opracowaniu dla każdej próbki odczytywano z krzywej kumulacyjnej wartości f_i dla średnic procentowych 11 punktów miarodajnych, a mianowicie: $\Phi 1$, $\Phi 5$, $\Phi 16$, $\Phi 25$, $\Phi 40$, $\Phi 50$, $\Phi 75$, $\Phi 84$, $\Phi 90$, $\Phi 95$, $\Phi 99$. Przykłady krzywych kumulacyjnych dla osadów z różnych grup genetycznych, wykreślonych na siatce prawdopodobieństwa, zamieszczono na wykresie (ryc. 1).

Siatka prawdopodobieństwa określana również jako siatka laplasologarytmiczna oparta na rozkładzie normalnym Gaussa wprowadzona została przez amerykańskiego hydrologa A. H a z e n a (18). Do badań sedymentologicznych zastosował ją jako pierwszy G. H. O t t o (35). W siatce tej oś rzędnych stanowi normalna podziałka prawdopodobieństwa, zaś oś odciętych — podziałka arytmetyczna równomierna w wartościach f_i . Przy aktualnym stanie wiedzy o charakterze uziarnienia osadów stosowanie siatki prawdopodobieństwa oraz skali f_i jest w badaniach najdogodniejsze (12, 16, 48). W nowszych badaniach stosowanie ich staje się powszechne również w Polsce. Siatka prawdopodobieństwa ma wiele zalet. Na przykład wykresy sumowania liczebności ugrupowań symetrycznych o rozkładzie normalnym są liniami prostymi, a więc odchylenie od



Ryc. 1. Średnie krzywe kumulacyjne uziarnienia utworów pyłowych i piaszczystych Płaskowyżu Nałęczowskiego i jego północnego przedpola

Mean cumulative curves of granulation of sandy and silty formations of the Nałęczów Plateau and its northern forefield

prostej może świadczyć o innym typie rozkładu. Krzywe kumulacyjne pozornie monotonicznych osadów, wykreślone na siatce, różnicują się dokładnie w zakresie najgrubszych i najdrobniejszych frakcji. Ważną cechą siatki prawdopodobieństwa ze skalą f_i jest to, że mając podziałkę arytmetyczną o równych przedziałach klas, których wartości graniczne są liczbami całkowitymi (co ułatwia statystyczne opracowanie wyników), zachowuje równocześnie geometryczne własności skali logarytmicznej (16). Ponadto siatka prawdopodobieństwa niweluje subiektywizm przy interpretacji krzywych kumulacyjnych, pod warunkiem przyjęcia zasady, że poszczególne punkty pomiarowe łączymy liniami prostymi. Trzeba wyraźnie podkreślić, że stosując tzw. „wygładzanie” krzywych kumulacyjnych otrzymujemy błędne miary statystyczne uziarnienia. Siatki półlogarytmiczne, na których do tej pory wykreślano krzywe rozkładu wielkości ziaren, mają, jak powszechnie wiadomo, wiele braków (16, 49). Krzywe kumulacyjne większości osadów mają na tej siatce charakterystyczne „ogony” we frakcjach o małej frekwencji. Naniesione na siatkę punkty, łączone „wygładzoną” krzywą, stwarzają dużą dowolność interpolacyjną zarówno przy wykreślaniu, jak i przy odczytywaniu wartości poszczególnych kwantyli, a w dalszej konsekwencji prowadzą do błędnej oceny genezy osadów.

Czasochłonna procedura wykreślania i odczytywania poszczególnych wartości punktów miarodajnych z krzywych sumowania oraz wyliczenie 21 statystycznych wskaźników i parametrów uziarnienia dla każdej badanej próbki została wykonana za pomocą maszyny cyfrowej typu CDC-7200-CYBER w Instytucie Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego, a niektóre przeliczenia częściowo w Zakładzie Metod Numerycznych Instytutu Matematyki UMCS w Lublinie, na elektronowej maszynie cyfrowej typu RIAD-32. Stronę matematyczną programu opracował w języku Fortran IV dr Piotr Rozmej, adiunkt w Zakładzie Fizyki Teoretycznej Instytutu Fizyki UMCS.

Z dużej liczby różnorodnych wzorów i wskaźników statystycznych wybrano takie, które charakteryzują się wielką efektywnością i gwarantują przeciętnie największą ilość informacji o charakterze uziarnienia. W dużej części są to wzory zaproponowane przez R. L. Folka i W. C. Warda (13). Wartości wskaźników statystycznych uzyskane z tych wzorów pełniej charakteryzują osad niż według innych systemów, np. według skali D. L. Inmana (19). Zaletą wskaźników statystycznych podanych przez R. L. Folka i W. C. Warda jest możliwość stosowania ich zarówno dla rozkładów normalnych, jak i w przypadku dwu- i wielomodalnych rozkładów uziarnienia (16). Dla celów porównawczych i metodycznych zdecydowano się również wyliczyć wartości wskaźników uziarnienia według P. D. Traska (54) i paru innych badaczy (tab. 1).

Zaproponowano również dwie nowe miary, a mianowicie wzór na wyliczenie przeciętnej średnicy ziarna (wzór nr 5) i wskaźnik lessowy (wzór nr 19), który wyraża stosunek zawartości cząstek tzw. „frakcji lessowej” (0,05—0,02 mm) do sumy zawartości frakcji grubszych o średnicy ziarn powyżej 0,05 mm.

Tab. 1. Statystyczne wskaźniki uziarnienia
Statistic granulation rates

Nazwa wskaźnika uziarnienia, autor, rok		Nr wzoru w progr.	Wzór
CENTRALNE STATYSTYKI	Mediana wg P. D. Traska, 1930	2	$Md = d_{50}$
	Mediana wg D. L. Immana, 1952	3	$Md_p = \beta_{50}$
	Średnia średnica wg H. L. Polka, W. C. Warda, 1957	4	$M_s = \frac{\beta_{16} + \beta_{50} + \beta_{84}}{3}$
	Przeciętna średnica	5	$M = \frac{\beta_1 + \beta_5 + \beta_{16} + \beta_{25} + \beta_{50} + \beta_{75} + \beta_{84} + \beta_{95} + \beta_{99}}{9}$
	Wysartowanie wg P. D. Traska, 1932	6	$S_0 = \sqrt{Q_2 / Q_1}$
DISPERSJI / WYBORNICZKA /	Odczylenie kwartylowe f_i wg W. C. Krumbeina 1936	7	$QD_p = \frac{\beta_{75} - \beta_{25}}{2}$
	Łączne graficzne odchylenie standartowe wg R. L. Polka i W. C. Warda, 1957	8	$\sigma_I = \frac{\beta_{84} - \beta_{16}}{4} + \frac{\beta_{95} - \beta_5}{6,6}$
	Miara rozrzutu wg Vause, 1959	9	$D_p = \frac{1}{4,8} / P_{99} - P_1 /$
	Odczylenie standartowe wg G. N. Friedmana, 1967	10	$S_{0p} = \frac{1}{2} / \beta_{95} - \beta_5 /$
N I A R I A Y	Wskaźnik nierównomierności uziarnienia wg W. E. Sharpa, P.-F. Fanga, 1963	11	$B_1 = 100 + k \sum_{i=1}^n f_i \log_{10} f_i$
	Skośność /asymetria/ wg P. D. Traska, 1932	6a	$S_k = \frac{Q_3 - Q_1}{M_d^2}$
	Skośność kwartylowa f_i wg W. C. Krumbeina, P. J. Pettijohna, 1938	12	$S_{k_{3/4}} = \frac{\beta_{25} + \beta_{75} - 2\beta_{50}}{2}$
	Łączna skośność graficzna wg R. L. Polka, W. C. Warda, 1957	13	$S_{k_I} = \frac{\beta_{16} + \beta_{84} - 2\beta_{50}}{2 / \beta_{84} - \beta_{16} /} + \frac{\beta_5 + \beta_{95} - 2\beta_{50}}{2 / \beta_{95} - \beta_5 /}$
	KURTOZY	Kurtosa graficzna wg R. L. Polka, W. C. Warda 1957	14
		15	$K_0' = \frac{K_0}{K_0 + 1}$
Współczynnik nierównomierności uziarnienia wg A. Hasona, 1992		1	$U = \frac{d_{60}}{d_{10}}$
Wskaźnik lessowy		19	$L = \frac{P_L}{P} = \frac{d_{0,05} - 0,02}{d > 0,05}$
Suma cząstek frakcji 2,0-0,05 mm /w %/		16	$\Sigma d_{2,0 - 0,05}$
Suma cząstek frakcji 0,05 - 0,002 mm /w %/		17	$\Sigma d_{0,05 - 0,002}$
Suma cząstek frakcji <0,02 mm		18	$\Sigma d_{<0,02}$
Wskaźnik uziarnienia wg D. J. Doeglasa, 1968		20	$\beta_1 Q_1 Md Q_3 \beta_{99}$

Tekst programu numerycznego oraz wydruk wszystkich danych załączony jest do pierwszego egzemplarza rozprawy doktorskiej autora, znajdującego się w Zakładzie Geologii Instytutu Nauk o Ziemi UMCS.

Duża ilość danych liczbowych z analiz składu mechanicznego osadów i możliwość uzyskania pełnej gamy wyników statystycznych wskaźników uziarnienia zachęcają do stosowania elektronowej techniki obliczeniowej. Dzięki metodom opartym na statystyce matematycznej i użyciu maszyn cyfrowych zmniejsza się subiektywność ocen i opisów oraz w bardzo dużym stopniu wzbogaca charakterystykę badanych osadów. Ważnymi atutami skłaniającymi do zastosowania tej techniki są także: odciążenie badacza od uciążliwych i żmudnych wykreśleń krzywych kumulacyjnych i czasochłonnych obliczeń oraz umożliwienie szybkiego uzyskania danych. W efekcie końcowym prowadzi to do obniżenia kosztów badań naukowych.

OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA UZIARNIENIA

W wyniku terenowych badań geologicznych i analiz laboratoryjnych składu mechanicznego pobranych próbek wyróżniono cztery typy utworów pyłowych: lessy subaeralne, lessy deluwialne, pokrywowe utwory pyłowe i mułki. Zakres zmienności uziarnienia tych grup osadów przedstawiono w tab. 2.

Lessy subaeralne z terenu Płaskowyzu Nałęczowskiego są dość typowe pod względem uziarnienia. Prawie cała masa osadu mieści się w grupie pyłów od 0,05 mm do 0,002 mm (czyli od około 4ϕ do 9ϕ). Frakcja pyłowa stanowi około 70—82% całości osadu*. Charakterystyczną cechą jest dominacja ziarn w frakcji 0,05—0,02 mm nazywanej powszechnie „frakcją lessową”. Komisja Lessu INQUA przyjęła granicę dla dominującej frakcji 60—20 μm (11). Według A. Malickiego (30) stanowi ona zwykle około 50—60% całości osadu, zdaniem J. Cegły (4) mieści się w granicach 30—60%. Jak wynika z wykonanych przeze mnie analiz uziarnienia, w lessach subaeralnych Płaskowyzu Nałęczowskiego zawartość tej frakcji waha się w granicach 40—54%, przy czym 3/4 próbek zawiera się w przedziale 46—52%. Zwraca uwagę minimalny udział ziarn o wielkości powyżej 0,1 mm (0,0—4,0% ogólnego składu). Praktycznie nie występują w badanych lessach ziarna o średnicy większej od 0,5 mm. Udział piasku bardzo drobnego (0,1—0,05 mm) zmienia się w przedziale od 8% do 25%, z maksimum w przedziale 14—18%, przy czym średnia wyliczona z 70 próbek dla tej frakcji wynosi 16,7%. Zawartość części ilastych i koloidalnych jest niewielka. Frakcja ilasta (poniżej 0,002 mm)

* W pracy przyjęto granice frakcji i nazwy przedziałów klasowych skał okrucowych zgodnie z zaleceniami PN-74/B-02480 i klasyfikacją zaproponowaną przez U. Urbaniak - Biernacką (56).

Tab. 2. Skład granulometryczny w badanych utworach piłowych i piaszczystych strefy krawędziowej północnej części Wyżyny Lubelskiej (w liczniku podano wartości średnie, a w mianowniku skrajne)
 Granulometrical composition of the explored silty and sandy formations in the marginal zone of the northern part of the Lublin Upland (numerator presents mean values and denominator extreme ones)

Rodzaj osadu	Liczba analiz próbek	Udział procentowy ziarna w mm										0,006-0,002	0,002
		2,0	2,0-1,0	1,0-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,02	0,02-0,006	0,006-0,002	0,002		
Lessy subaeracyjne	70	-	-	-	$\frac{0,04}{0,0-0,5}$	$\frac{0,7}{0,0-4,0}$	$\frac{16,7}{8-25}$	$\frac{47,9}{41-54}$	$\frac{20,5}{13-27}$	$\frac{7,9}{5-13}$	$\frac{6,3}{2-12}$		
Lessy dewiacyjne	108	-	-	$\frac{0,2}{0,0-5,0}$	$\frac{1,6}{0,0-11,9}$	$\frac{2,7}{0,0-14,8}$	$\frac{18,3}{9-38}$	$\frac{42,8}{25-53}$	$\frac{17,2}{5-28}$	$\frac{8,3}{2-15}$	$\frac{8,9}{2-20}$		
Mułki	51	-	-	$\frac{1,2}{0,0-11,0}$	$\frac{5,0}{0,0-29,8}$	$\frac{6,0}{0,0-37,8}$	$\frac{16,8}{7-46}$	$\frac{32,2}{4-51}$	$\frac{19,1}{3-59}$	$\frac{11,1}{3-33}$	$\frac{8,0}{0-35}$		
Pokrywe utwory piłowe	239	-	$\frac{0,03}{0,0-1,8}$	$\frac{1,1}{0,0-12,3}$	$\frac{6,0}{0,0-30,5}$	$\frac{6,4}{0,0-30,4}$	$\frac{18,2}{5-52}$	$\frac{37,9}{11-50}$	$\frac{15,5}{4-29}$	$\frac{6,5}{0-15}$	$\frac{8,4}{0-18}$		
Piaski eoliczne	28	$\frac{0,1}{0,0-1,0}$	$\frac{0,4}{0,0-1,5}$	$\frac{10,0}{2,0-31,0}$	$\frac{47,0}{21,7-63,5}$	$\frac{30,1}{19,0-47,2}$	$\frac{5,2}{0,5-11,5}$	$\frac{6,3}{0,6-21,2}$	$\frac{0,9}{0,0-5,8}$	-	-		
Piaski fluwioglacjalne	31	$\frac{2,1}{0,0-6,0}$	$\frac{1,3}{0,0-4,8}$	$\frac{10,8}{1,0-37,7}$	$\frac{31,5}{14,0-65,0}$	$\frac{31,2}{11,2-56,6}$	$\frac{10,3}{1,0-27,0}$	$\frac{7,7}{0,2-21,5}$	$\frac{3,5}{0,0-11,5}$	$\frac{0,6}{0,0-7,0}$	$\frac{1,0}{0,0-18,0}$		

w badanych lessach występuje w udziale od 2% do 12% z wyraźnym maksimum w przedziale 6—8%. Według A. Malickiego (29, 30) mały udział substancji ilastej, zlepiającej poszczególne ziarna kwarcu powoduje, że skała lessowa charakteryzuje się małą zwięzłością i niewielką plastycznością. Im większa ilość cząstek koloidalnych, tym skała jest bardziej zwięzła w stanie suchym, zaś w stanie wilgotnym bardziej plastyczna. Ogólnie można stwierdzić, że eoliczny less subaeralny jest skałą o strukturze pyłowej (aleurytowej) i mikrostrukturze agregatowo-ziarnistej, na ogół o makroskopowo niewidocznym warstwowaniu, czyli praktycznie biorąc o teksturze bezładnej. Jego przewodnią cechą litologiczną jest jednorodność uziarnienia, czyli, jak to określał F. Wahnschaffe, wysoka homogeniczność substancjalna (8).

W lessach deluwialnych, pobranych z północnej krawędzi Płaskowyżu Nałęczowskiego, obserwujemy dość podobny rozkład materiału na poszczególne frakcje. Udział frakcji pyłowej zawarty jest jednak w szerszych granicach niż w lessach wierzchowinowych, a mianowicie od 45% do 83%. Większą rolę odgrywa również frakcja piaszczysta (2,0—0,05 mm), udział jej waha się od 10% do 40%. Główną część tej frakcji stanowi podfrakcja piasku bardzo drobnego (0,1—0,05 mm), której udział kształtuje się w granicach 9—38%, przy średniej 18,3%. Analogicznie jak w lessach subaeralnych dominująca jest frakcja lessowa (0,05—0,02 mm), której zawartość mieści się w dość szerokich granicach od 25% do 53%. Druga dominanta jest najczęściej we frakcji 0,02—0,006 mm lub 0,1—0,05 mm. Less deluwialny, podobnie jak i less subaeralny, charakteryzuje się jednomodalną krzywą uziarnienia z maksimum zawartości ziarn frakcji 0,05—0,02 mm. Zawartość frakcji poniżej 0,002 mm mieści się najczęściej w przedziale 6—12%, chociaż sporadycznie spotyka się próbki o wartości przekraczającej 15%.

Lessy deluwialne, określane również terminem lessy soliflukcyjne, powstały w bardziej zróżnicowanych warunkach geomorfologicznych niż lessy subaeralne. Gromadzone były przy współdziałaniu różnorodnych procesów stokowych, w tym również procesów soliflukcyjnych i kriogenicznych. Less deluwialny to osad, którego tworzywo pochodzi częściowo z syngenetycznej akumulacji eolicznej i częściowo ze spływania, splukiwania i zmywania lessu pierwotnego starszego z wyższych części zboczy. Dużą rolę obok czynnika eolicznego odegrała w czasie sedymentacji osadu działalność wody (34). Wynikiem tych procesów jest różnorodny, zmienny skład mechaniczny skały i charakterystyczna struktura, ujawniająca się obecnością interesujących form spływowych, w obrębie których stwierdzamy warstwy lessu typowego, niekiedy wzbogacone we frakcję ilastą oraz warstewki piasku. Oprócz warstewek i lamin występują rów-

niez różnego rodzaju smugi, soczewki, nieregularne języki i festony inwolucyjne.

Mułki limniczno-fluwialne są osadem o strukturze aleurytowej, których głównym składnikiem jest kwarc. Udział frakcji pyłowej w większości próbek przekracza granicę 60%, a w kilku nawet 80%. W osadach tych dominuje wielkość ziarn 0,05—0,02 mm bądź 0,02—0,006 mm. Zawartość frakcji lessowej (0,05—0,02 mm) najczęściej waha się w granicach od 18% do 51% przy średniej 32,2%. Pod tym względem mułki niewiele odbiegają od lessów deluwialnych. Wynika z tego, że jednym z poważnych źródeł alimentacyjnych materiału dla tych mułków były utwory lessowe. Udział materiału o średnicy ziarn powyżej 0,1 mm jest bardzo zróżnicowany, ale na ogół nie przekracza 30%. Osady mułkowe charakteryzują się również bardzo nierównomiernym udziałem frakcji ilastej. W niektórych strefach stwierdzono niewielką zawartość tej frakcji, spowodowaną silnym przemyciem. Inne warstwy zawierają znaczną ilość cząstek koloidalnych, przez co stają się zwięzłe, trudno przepuszczalne i plastyczne. Długotrwały wpływ wody zazaczył się w podstawowych cechach makroskopowych osadu, w barwie, teksturze, strukturze, składzie mechanicznym i w spoistości. Mułki są na ogół poziomo warstwowane lub laminowane, przedzielone wyraźnymi wkładkami piasków i ilów. Warstwy zbudowane z drobnoziarnistych piasków charakteryzują się często skośnym, pochyłym uwarstwieniem, niekiedy zaburzone są występowaniem inwolucji typu soliflukcyjnego lub obciążeniowego. Z poszczególnymi warstwami mułków związane są całe serie konkrecji węglanowo-ilastych, osiągające wielkość rzędu 5—10 cm. Z reguły mułki, podobnie jak i lessy, reagują z HCl.

Pokrywowe utwory pyłowe są osadami podobnymi makroskopowo do lessów. Charakteryzują się również strukturą pyłową (aleurytową) i przeważnie teksturą bezładną. Niekiedy jednak osady te wykazują warstwowanie, laminację lub smugowanie. W pokrywowych utworach pyłowych, podobnie jak w lessach, wartość modalna również najczęściej znajduje się w frakcji 0,05—0,02 mm. Średnia zawartość tej frakcji jest nieco niższa w pokrywowych utworach pyłowych i mieści się w szerokich granicach od 11% do 50%. Zasób frakcji ilastej maksymalnie dochodzi do 18%, ale najczęściej mieści się w przedziale 4—14%. W osadach tych, w odróżnieniu od lessów, spotyka się próbki o znacznym udziale piasku drobnego (0,25—0,1 mm) i piasku średniego (0,5—0,25 mm), a sporadycznie ziarna o średnicy większej niż 1 mm. Średnia zawartość frakcji piasku w badanych próbkach wynosi 31,7%. Część pokrywowych utworów pyłowych charakteryzuje się polimodalnym rozkładem wielkości ziarn. Z reguły są to osady wymieszane dwuskładnikowe (bimodalne) — piaszczyste

i pyłowe. Wyraźną bimodalnością charakteryzuje się około 12% próbek tej grupy osadów.

STATYSTYCZNE WSKAŹNIKI UZIARNIENIA UTWORÓW PYŁOWYCH

Wartości (średnie i skrajne) głównych statystycznych wskaźników uziarnienia przedstawiono w tab. 3.

Miary tendencji centralnej. Powszechnie stosowaną najprostszą miarą tendencji centralnej jest mediana (Md), czyli wartość środkowa. Mediana badanych lessów subaeralnych waha się od 4,937 ϕ do 5,505 ϕ , co odpowiada 0,033 mm—0,022 mm. Nieco szerszy jest zasięg poszczególnych wartości mediany dla lessów deluwialnych. Wyraźnie więk-

Tab. 3. Średnie i skrajne wartości statystycznych wskaźników uziarnienia osadów klastycznych strefy krawędziowej północnej części Wyżyny Lubelskiej. Miary tendencji centralnej

Mean and extreme values of statistic granulation rates concerning the clastic sediments in the marginal zone of the northern part of the Lublin Upland. The central tendency measures

Rodzaj osadu	Ilość próbek	Mediana		Srednia średnica	Przeciętna średnica
		Nd/mm/	Md ϕ	Mz ϕ	M ϕ
Lessy subaeralne	70	<u>0,026</u>	<u>5,257</u>	<u>5,578</u>	<u>5,937</u>
		0,022-0,033	4,937-5,505	5,144-5,985	5,565-6,171
Lessy deluwialne	108	<u>0,028</u>	<u>5,159</u>	<u>5,544</u>	<u>5,734</u>
		0,015-0,052	4,261-6,081	4,373-6,510	4,784-6,563
Mułki	51	<u>0,029</u>	<u>5,095</u>	<u>5,390</u>	<u>5,537</u>
		0,008-0,100	3,322-6,917	3,773-6,768	4,198-6,605
Pokrywowe utwory pyłowe	239	<u>0,037</u>	<u>4,880</u>	<u>5,196</u>	<u>5,318</u>
		0,018-0,187	2,423-5,795	3,063-6,342	3,248-6,254
Piaski eoliczne	28	<u>0,260</u>	<u>1,946</u>	<u>2,178</u>	<u>2,407</u>
		0,154-0,428	1,224-2,694	1,220-3,153	1,345-3,939
Piaski fluwiogl.	31	<u>0,208</u>	<u>2,263</u>	<u>2,475</u>	<u>2,690</u>
		0,089-0,394	1,345-3,487	1,397-4,648	1,514-5,656
Piaski aluwialne	6	<u>0,230</u>	<u>2,350</u>	<u>2,480</u>	<u>2,580</u>
		0,075-0,431	1,213-3,735	1,611-3,695	1,886-3,382
Gliny	5	<u>0,070</u>	<u>3,922</u>	<u>4,816</u>	<u>4,820</u>
		0,036-0,104	3,270-4,801	4,086-5,392	4,431-5,121
Piaski deluwialne	6	<u>0,207</u>	<u>2,323</u>	<u>2,588</u>	<u>2,694</u>
		0,146-0,276	1,857-2,776	2,154-3,024	2,349-2,903

Tab. 3a. Średnie i skrajne wartości statystycznych wskaźników uziarnienia osadów klastycznych strefy krawędziowej północnej części Wyżyny Lubelskiej. Miary wysortowania

Mean and extreme values of statistic granulation rates of the clastic sediments in the marginal zone of the northern part of the Lublin Upland. Sorting measures

Rodzaj osadu	Ilość próbek	Miary wysortowania /dyspersji/			
		So	QD ₆	σ _I	S ₆
Lessy subaeralne	70	<u>1,837</u>	<u>0,874</u>	<u>1,446</u>	<u>57,8</u>
		1,558-2,170	0,639-1,117	1,250-1,642	53,8-60,6
Lessy deluwialne	108	<u>2,034</u>	<u>1,006</u>	<u>1,724</u>	<u>53,1</u>
		1,558-3,331	0,646-1,736	1,245-2,699	39,0-60,5
Mułki	51	<u>2,671</u>	<u>1,301</u>	<u>1,888</u>	<u>50,1</u>
		1,477-10,188	0,563-3,349	1,084-3,137	37,6-63,1
Pokrywowe utwory pyłowe	239	<u>2,226</u>	<u>1,128</u>	<u>1,901</u>	<u>49,0</u>
		1,549-4,668	0,631-2,223	1,382-3,037	37,1-59,9
Piaski eoliczne	28	<u>1,644</u>	<u>0,682</u>	<u>1,087</u>	<u>60,0</u>
		1,247-3,370	0,318-1,753	0,474-2,508	41,5-73,1
Piaski fluwiogl.	31	<u>1,985</u>	<u>0,907</u>	<u>1,331</u>	<u>52,8</u>
		1,278-6,551	0,582-3,223	0,693-3,223	36,2-70,9
Piaski aluwialne	6	<u>1,442</u>	<u>0,521</u>	<u>0,934</u>	<u>63,4</u>
		1,248-1,709	0,320-0,773	0,610-1,645	48,5-70,8
Gliny	5	<u>4,977</u>	<u>2,284</u>	<u>2,953</u>	<u>38,7</u>
		3,450-6,502	1,787-2,701	2,676-3,185	35,9-41,3
Piaski deluwialne	6	<u>1,875</u>	<u>0,880</u>	<u>1,330</u>	<u>54,3</u>
		1,511-2,678	0,596-1,421	0,915-1,677	46,6-62,3

szy jest zakres zmienności median dla pokrywowych utworów pyłowych, który zawiera się w przedziale od 2,423 ϕ (0,187 mm) do 5,795 ϕ (0,018 mm) i mułków od 3,322 ϕ (0,100 mm) do 6,917 ϕ (0,008 mm).

Przeciętna średnica ziarna ($M\phi$) lessów subaeralnych kształtuje się w granicach od 5,565 ϕ do 6,171 ϕ , co odpowiada 0,021—0,014 mm. Natomiast skrajne wartości przeciętnej średnicy ziarna dla pokrywowych utworów pyłowych wahają się od 3,248 ϕ (0,105 mm) do 6,254 ϕ (0,013 mm). Tak więc przeciętne średnice ziarn osiągają niższe wartości, niż wynoszą mediany poszczególnych grup utworów pyłowych. Dowodzi to, że rzeczywiste rozmiary ziarn są mniejsze, niż można by sądzić po

Tab. 3b. Średnie i skrajne wartości statystycznych wskaźników uziarnienia osadów klastycznych strefy krawędziowej północnej części Wyżyny Lubelskiej. Miary asymetrii. Kurtozy. Wskaźnik lessowy

Mean and extreme values of statistic granulation rates of the clastic sediments in the marginal zone of the northern part of the Lublin Upland. Asymmetry measures. Curtoza. Loess rate

Rodzaj osadu	Ilość próbek	Miary asymetrii		Kurtozya	Wskaźnik lessowy
		Sk _q	Sk _I	K _G	L
Lessy subaeralne	70	$\frac{0,209}{0,006-0,367}$	$\frac{0,041}{0,287-0,482}$	$\frac{1,149}{0,905-1,702}$	$\frac{2,88}{1,87-4,60}$
Lessy deluwialne	108	$\frac{0,236}{0,086-0,714}$	$\frac{0,356}{0,009-0,551}$	$\frac{1,206}{0,715-1,749}$	$\frac{2,15}{0,54-5,20}$
Mułki	51	$\frac{0,246}{0,323-0,634}$	$\frac{0,247}{0,157-0,550}$	$\frac{1,052}{0,510-2,543}$	$\frac{1,55}{0,08-3,85}$
Pokrywowe utwory pyłowe	239	$\frac{0,167}{0,567-0,796}$	$\frac{0,271}{0,052-0,682}$	$\frac{1,201}{0,658-1,900}$	$\frac{1,51}{0,15-4,78}$
Piaski eoliczne	28	$\frac{0,186}{0,002-0,767}$	$\frac{0,321}{0,015-0,547}$	$\frac{1,139}{0,791-1,438}$	$\frac{0,08}{0,006-0,28}$
Piaski fluwiogl.	31	$\frac{0,154}{0,221-1,182}$	$\frac{0,238}{0,126-0,513}$	$\frac{1,167}{0,670-2,043}$	$\frac{0,09}{0,002-0,29}$
Piaski aluwialne	6	$\frac{0,088}{0,000-0,165}$	$\frac{0,199}{0,230-0,439}$	$\frac{1,312}{0,962-1,605}$	$\frac{0,07}{0,02-0,12}$
Gliny	5	$\frac{0,716}{0,311-1,063}$	$\frac{0,331}{0,237-0,438}$	$\frac{0,754}{0,690-0,933}$	$\frac{0,19}{0,15-0,24}$
Piaski deluwialne	6	$\frac{0,218}{0,042-0,476}$	$\frac{0,300}{0,059-0,490}$	$\frac{1,048}{0,729-1,379}$	$\frac{0,15}{0,04-0,34}$

wartościach mediany. Uwzględnianie więc tylko mediany, jako oszacowania średniej wielkości ziarn dość powszechnie stosowane przez krajowych autorów (4, 32, 58), nakazuje zachowanie większej ostrożności przy wyciąganiu wniosków.

Wysortowanie. W badaniach sedymentologicznych dużą rolę odgrywają wskaźniki określające wysortowanie materiału klastycznego. Wartości wysortowania (So) lessów subaeralnych wyliczone według wskaźnika P. D. Traska (54) nie przekraczają granicy 2,200, zaś pokrywowe utwory pyłowe mają wskaźnik So w granicach 1,549—4,668.

Srednia arytmetyczna dla 239 przebadanych próbek utworów lessopodobnych wynosi 2,226, a więc większość zgodnie z klasyfikacją Traska mieści się w grupie osadów dobrze wysortowanych. M. P. Lysenko (27) uważa, że wartości współczynnika wysortowania So dla lessów Równiny Rosyjskiej nie przekraczają na ogół granicy 2,50, zaś skały lessopodobne mają wskaźnik So w granicach 3,00—4,50, a nierzadko przekraczają 4,50. To stwierdzenie na ogół potwierdza się w stosunku do utworów pyłowych strefy krawędziowej północnej części Wyżyny Lubelskiej.

R. L. Folk i W. C. Ward (13) wprowadzili tzw. łączne graficzne odchylenie standardowe (σ_I) przystosowane do skali f_i . Wskaźnik ten charakteryzuje się dużą efektywnością oszacowania wysortowania osadów. W odróżnieniu od poprzedniego wzoru opiera się na czterech wartościach percentyli.

Wartości odchylenia standardowego σ_I , obliczone dla lessów subaeralnych Płaskowyżu Nałęczowskiego, wahają się od 1,250 do 1,642, czyli zgodnie z klasyfikacją wysortowania osadów według R. L. Folk'a, W. C. Ward'a (13) mieszczą się w grupie osadów o słabym wysortowaniu. W szerszych granicach zawiera się współczynnik odchylenia standardowego dla lessów deluwialnych (1,245—2,699), a jeszcze większych dla mułków, gdzie skrajne wartości wynoszą 1,084 i 3,137.

Należy pamiętać, że przedstawione klasyfikacje wysortowania dostosowane są zasadniczo do osadów piaszczystych. Odczuwa się brak odpowiednich klasyfikacji i wyliczonych przedziałów uwzględniających utwory pyłowe. Przyjęto je dla analizy utworów piaszczysto-pyłowych i pyłowych, podobnie jak to zrobił J. Stochlak (49, 50). Odnosi się wrażenie, iż wysortowanie na przykład lessów jest o wiele lepsze, niż to wynika z dotychczasowych klasyfikacji.

Pokrywowe utwory pyłowe charakteryzują się wyższymi wskaźnikami odchylenia standardowego. Skrajne wartości wynoszą od 1,382 do 3,037, przy czym większość (62%) zawarta jest w grupie od 1,500 do 2,000. Pod względem wysortowania są to osady słabo i bardzo słabo wysortowane. Jedynie piaski eoliczne z północnego przedpola utworów pyłowych i piaski aluwialne doliny Bystrzycy mają wskaźniki wskazujące na umiarkowane i umiarkowanie dobre wysortowanie.

Inną miarę wysortowania tzw. wskaźnik nierównomierności uziarnienia $S\sigma$ zaproponował W. E. Sharp i P.-F. Fan (45). Wartości $S\sigma$ dla eolicznych lessów wierzchowinowych koncentrują się w wąskim przedziale od 53,8 do 60,6, przy czym prawie 90% próbek skupia się w przedziale 55—60. Dla pokrywowych utworów pyłowych północnego przedpola Płaskowyżu Nałęczowskiego i mułków lessowych doliny Bystrzycy typowy jest dość szeroki rozrzut wartości wskaźnika od 37,1 do 63,1 z jednym wyraźnym maksimum w przedziale klasowym 50—54.

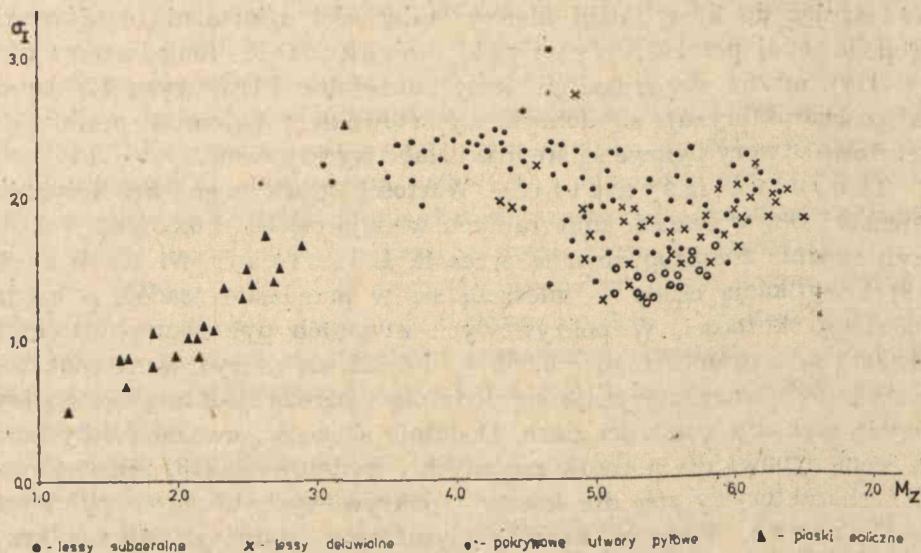
Nawiązując do klasyfikacji nierównomierności uziarnienia osadów, zaproponowanej przez J. Hauryłkiewicza i R. Racinowskiego (17), można stwierdzić, że lessy subaeralne Płaskowyżu Nałęczowskiego charakteryzują się dobrym wysortowaniem, natomiast mułki i pokrywowe utwory pyłowe są średnio i słabo wysortowane.

Skośność (asymetria). Wartości graficznego współczynnika skośności Sk_1 w lessach subaeralnych wahają się od +0,287 do +0,482, czyli zgodnie z zaproponowaną przez R. L. Folka i W. C. Warda (13) klasyfikacją osady te mieszczą się w przedziale osadów o bardzo dodatniej skośności. W pokrywowych utworach pyłowych wartości te zawarte są w granicach od -0,052 do +0,682, ale zdecydowana większość próbek (84%) charakteryzuje się dodatnią i bardzo dodatnią skośną asymetrią rozkładu wielkości ziarn. Dodatnia skośność, uważana dotychczas za cechę typową dla piasków rzecznych i wydmowych (13, 14), jest również charakterystyczna dla lessów i pokrywowych utworów pyłowych.

Kurtoza. Wartości kurtozy wyrażające miarę spłaszczenia krzywych uziarnienia w stosunku do krzywej rozkładu normalnego, dla badanych lessów subaeralnych zawarte są w granicach od 0,905 do 1,702. Te wartości odpowiadają w klasyfikacji R. L. Folka i W. C. Warda (13) krzywym o wąskich ostrych maksimach, czyli leptokurtycznym i krzywym o wyraźnych maksimach, czyli mezokurtycznym. Pokrywowe utwory pyłowe charakteryzują się zbliżonymi wartościami kurtozy (od 0,658 do 1,900), a ponad połowa próbek (57%) charakteryzuje się leptokurtycznymi typami rozkładów. Mułki lessowe doliny Bystrzycy charakteryzują się natomiast w dużej części rozkładami platykurtycznymi, czyli krzywymi spłaszczonymi o szerokich maksimach.

ZALEŻNOŚCI MIĘDZY PARAMETRAMI UZIARNIENIA

Badanie rozkładów wielkości ziarn osadów z różnych środowisk sedymentacyjnych pozwala wnioskować, że istnieją pewne zależności między poszczególnymi parametrami statystycznymi. Dla celów interpretacji genezy osadów poszczególne wskaźniki uziarnienia są porównywane między sobą. Z reguły prowadzone są badania nad zależnościami w obrębie dwóch zmiennych, pozwalające ustalić trend zależności lub wydzielić granice między poszczególnymi zbiorami obserwacji. Granice te zarazem są liniami rozgraniczającymi pola różnych środowisk sedymentacyjnych. Badanie zależności polega na sporządzaniu wykresów dwu rozpatrywanych wskaźników uziarnienia w układzie współrzędnych prostokątnych i na wizualnej ocenie charakteru ich wzajemnej zależności lub porównaniu ich z wzorcowymi genetycznymi wykresami. Takie wykresy i diagramy stosowali w swoich pracach m. in. Ł. B. Ruchin (42), R. L. Folk,

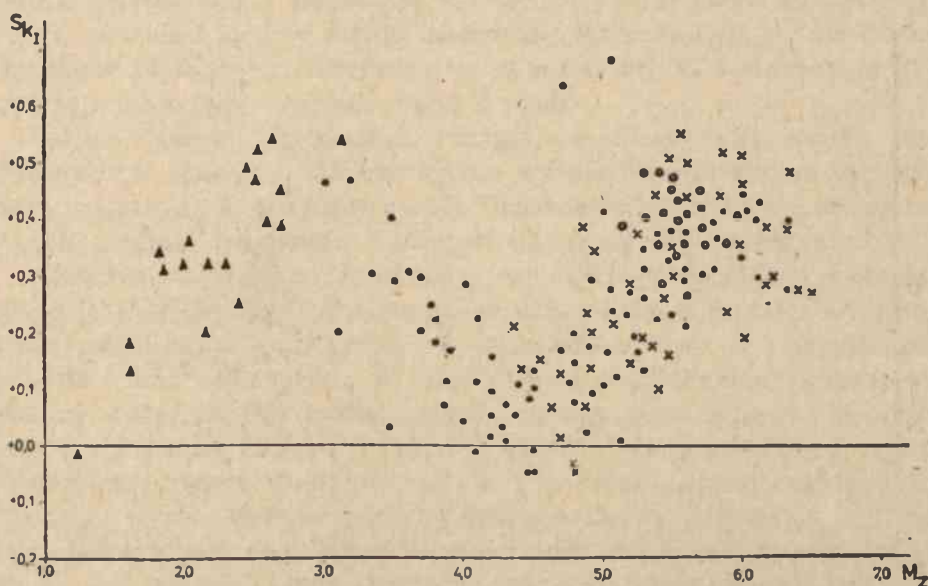


Ryc. 2. Wykres zależności wysortowania (σ_1) od średniej średnicy ziarn (M_2) w badanych utworach pyłowych

Graph of dependence of sorting (σ_1) on mean grain diameter (M_2) in the examined silty formations; 1 — subaerial loesses, 2 — deluvial loesses, 3 — cover silty formations, 4 — eolian sands

W. C. Ward (13), R. Passéga (36), G. M. Friedman (14). Omówienie znaczenia tych wykresów w badaniach sedymentologicznych w literaturze polskiej podali M. Grzegorzczak (16) i J. Stochlak (49).

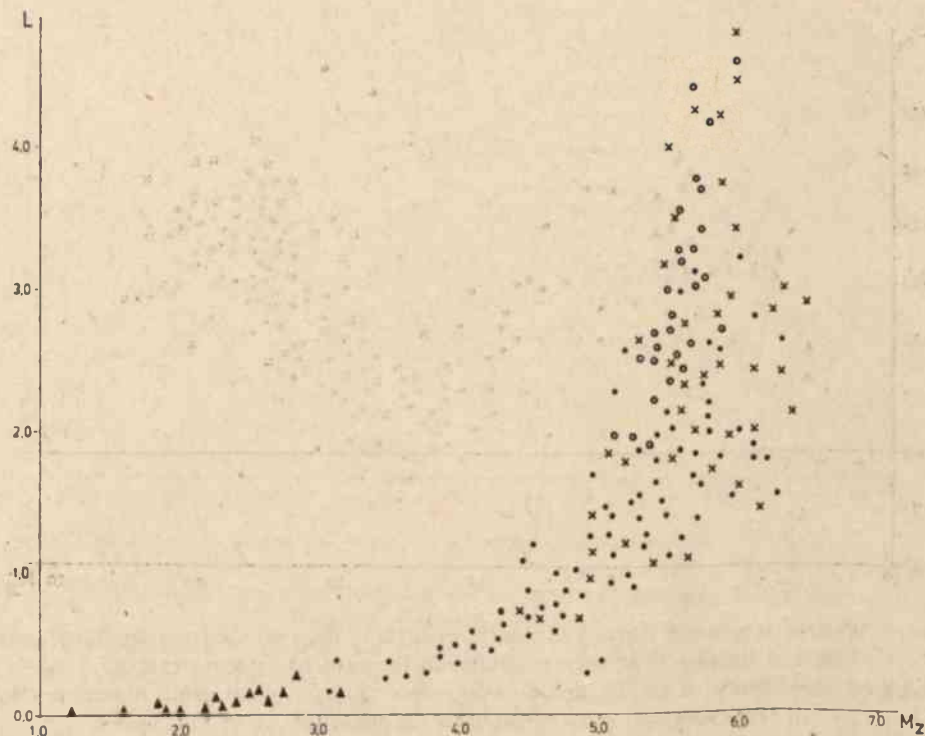
Najlepiej poznana i najczęściej analizowana jest zależność pomiędzy średnią wielkością ziarna a wysortowaniem osadu. W celu określenia tej zależności wytypowano próbki z czterech grup osadów: piasków eolicznych, pokrywowych utworów pyłowych, lessów deluwialnych i lessów subaeralnych. Wykresy sporządzono zgodnie z proponowanym przez R. L. Folk'a, W. C. Ward'a (13) układem $\sigma_1 = f(M_2)$. Obraz uzyskany na wykresie (ryc. 2) charakteryzuje się pewną prawidłowością. Dla piasków eolicznych, które są skupione w dolnej części wykresu, minimalne wartości wysortowania odpowiadają średnicy ziarna około $1,2 \phi$ (0,43 mm), a maksymalnie $3,1 \phi$ (0,11 mm). Dla wskaźników wysortowania σ_1 w pokrywowych utworach pyłowych dają się zauważyć dwa maksima: jedno przy średnicach około $4,3 \phi$ do $4,7 \phi$ i drugie mniej wyraźne odpowiadające wartościom $5,6$ — $6,1 \phi$. Zwraca uwagę wyraźne skupienie na wykresie punktów odpowiadających lessom subaeralnym. Reasumując można stwierdzić, że wysortowanie (dyspersja) wielkości ziarn jest parametrem współzależnym od przeciętnej średnicy ziarn, a lessy subaeralne zajmują wyraźnie określone pole na tym wykresie.



Ryc. 3. Wykres zależności łącznej skośności graficznej (S_{kT}) od średniej średnicy ziarn (M_z) w badanych utworach pyłowych (objaśnienia jak na ryc. 2)
 Graph of dependence of total graphic obliqueness (S_{kT}) on mean grain diameter (M_z) in the examined silty formations (explanation as in Fig. 2)

W przypadku wykresu (ryc. 3) obrazującego zależność pomiędzy średnią średnicą ziarna (M_z) a skośnością graficzną (S_{kT}) widoczne jest skupienie punktów układających się w kształcie sinusoidy. Porównując odpowiedni wykres zależności wykonany dla osadów piaszczystych przez R. L. F o l k a i W. C. W a r d a (13) z uzyskanym obrazem widzimy pewne analogie i kontynuację trendu sinusoidalnego w obrębie osadów drobnodziarnistych. Szczególnie podkreślają to próbki pokrywowych osadów pyłowych, których przebadano najwięcej. Lessy subaeralne, podobnie jak na poprzednim wykresie, koncentrują się na niewielkim obszarze. Przy większej ilości prób piaszczystych i piaszczysto-pylastych cały obraz prawdopodobnie byłby jeszcze jaśniejszy.

Analizując zależność między wskaźnikiem lessowym L a średnią średnicą ziarn M_z (ryc. 4) otrzymujemy prosty obraz, z którego wynika, że osady o większej średnicy ziarn charakteryzują się niższymi wartościami wskaźnika lessowego, a osady o średnicy mniejszej charakteryzują się wartościami wyższymi. Zaznacza się pole koncentracji osadów piaszczystych i dość wydłużone pole koncentracji lessów subaeralnych. Zwraca uwagę fakt, że duże zagęszczenie punktów projekcyjnych próbek pokrywowych utworów pyłowych znajduje się między polem piasków eolicz-



Ryc. 4. Wykres zależności wskaźnika lessowego (L) od średniej średnicy ziarn (M_z) w badanych utworach pyłowych (objaśnienia jak na ryc. 2)
Graph of dependence of loess index (L) on mean grain diameter (M_z) in the examined silty formations (explanation as in Fig. 2)

nych a lessów. Wynika z tego, że są to osady przejściowe między eolicznymi osadami piaszczystymi a lessami.

Nasuwa się uwaga, że aby stwierdzić, czy istnieją jakieś zależności pomiędzy poszczególnymi parametrami oraz związki między genezą osadu a charakterem jego uziarnienia, należy przeanalizować materiał z dużej ilości prób oraz opracować wykresy dla znacznej ilości wskaźników uziarnienia.

KLASYFIKACJA UTWORÓW PYŁOWYCH W ŚWIETLE METODY D. J. DOEGLASA

Utwory pyłowe strefy krawędziowej północnej części Wyżyny Lubelskiej i jej przedpola są pod względem makroskopowym bardzo do siebie podobne. Charakteryzują się „typowo” lessowym zabarwieniem, podobną strukturą, konsystencją i plastycznością. Obserwacje terenowe mogą być

bardzo subiektywne i pozwalają jedynie na przybliżoną ocenę rodzaju osadu, natomiast analizy składu mechanicznego pozwalają już na bliższe określenie typu skały. Określenie to, w zależności od zastosowanej klasyfikacji, może być mniej lub więcej dokładne.

Bardzo dobrym przykładem szczegółowej klasyfikacji osadów klastycznych w oparciu o ich uziarnienie wydaje się być system zaproponowany przez D. J. D o e g l a s a (7). Przedstawił on metodę rozróżniania osadów o odmiennej genezie z różnych środowisk sedymentacyjnych.

Głównym założeniem tej metody jest użycie trzech (Q_1 Md Q_3) lub pięciu (Φ_1 Q_1 Md Q_3 Φ_{99}) parametrów uziarnienia, odczytanych z siatki prawdopodobieństwa wyłącznie w jednostkach skali f_i i wyrażonych w postaci liczb całkowitych. W zależności od uwzględnionej liczby parametrów wskaźnik jest liczbą trzycyfrową lub pięciocyfrową. W pracy przyjęto wskaźnik pięciocyfrowy, np. 45670. Cyfra pierwsza odpowiada zaokrąglonej wartości dla percentyla Φ_1 , druga dotyczy wartości Q_1 , środkowa wyraża wartość mediany Md, a następna wartość Q_3 . Ostatnia cyfra jest symbolem odpowiadającym wartości Φ_{99} . Punkt zerowy skali f_i równy jest wartości 1 mm. Symbole wskaźnika otrzymuje się przez zaokrąglenie wartości wymienionych parametrów do całkowitych klas skali f_i ; dla dodatnich wartości w prawo do najbliższej wyższej całkowitej wartości f_i , zaś dla wartości ujemnych w lewo do najbliższej wyższej całkowitej ujemnej jednostki f_i . Kiedy wartość parametru równa jest 0,00, wówczas symbolem jest wyjątkowo wskaźnik 1. Znak minus zaznacza się nad cyfrą wskaźnika, np. $-2,25=3$.

D. J. D o e g l a s (7) sprawdził tę metodę na wynikach badań 1097 próbek osadów z 13 różnych środowisk sedymentacyjnych, uwzględniając w tym m. in. osady rzeczne, glacialne, wydmowe, lessy, piaski pokrywowe oraz osady morskie: lagunowe, estuariowe, deltowe, prądów zawieszinowych. Metodę Doeglasa dla zbadania środowiska deluwialnego zastosował w Polsce J. S t o c h l a k (49). Dobre efekty użycia tej metody przy badaniu zróżnicowania osadów kemowych zachodniej części Gór Świętokrzyskich prezentują C. R a d ł o w s k a i E. M y c i e l s k a - D o w g i a ł ł o (39).

Nawet zapis trzycyfrowy z wartości parametrów Q_1 Md Q_3 pozwala wyodrębnić różnogenetyczne osady z większą dokładnością, niż czyniły to dotychczasowe klasyfikacje, np. F. P. S h e p a r d a (46) oraz geotechniczna (wg PN-74/B-02480). D. J. D o e g l a s (7) przyjmuje, że wskaźnik trzycyfrowy można zastosować z powodzeniem do rozróżniania na przykład osadów rzecznych, morskich i eolicznych. Dodanie wartości percentyli Φ_1 i Φ_{99} , a więc skrajnych części krzywej kumulacyjnej, w dużym stopniu zwiększa szczegółowość klasyfikacji i oceny środowiska tworzenia się osadów. Metoda ta wymaga, aby analiza uziarnienia była szczegółowa,

pełna, a więc powinna obejmować zarówno bardzo drobne frakcje osadu, jak i skrajnie grube, ponieważ są one ważne dla celów diagnostycznych.

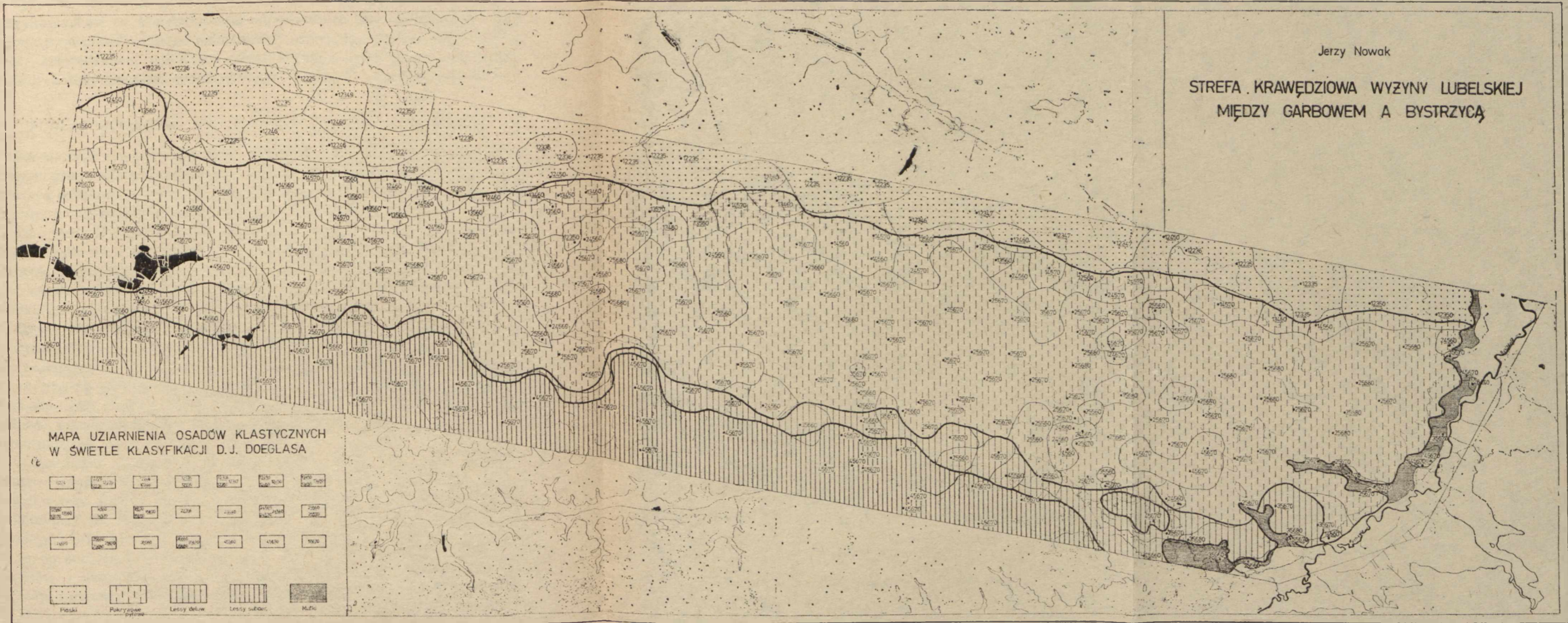
Głównym celem zastosowania metody D. J. Doeglasa była potrzeba rozróżnienia oraz klasyfikacji poszczególnych rodzajów utworów pyłowych. Szczególnie ważne było uchwycenie różnic między lessami a pokrywowymi utworami pyłowymi.

Wskaźnik Doeglasa wyliczono dla wszystkich 570 analizowanych próbek, w tym dla pokrywowych utworów pyłowych północnego przedpola Wyzyny Lubelskiej uwzględniono 239 analiz, dla osadów lessowych Płaskowyżu Nałęczowskiego 172. Ponadto zbadano również próbki z innych środowisk sedymentacyjnych: piaski eoliczne, fluwioglacjalne, aluwialne i deluwialne oraz mułki i gliny morenowe.

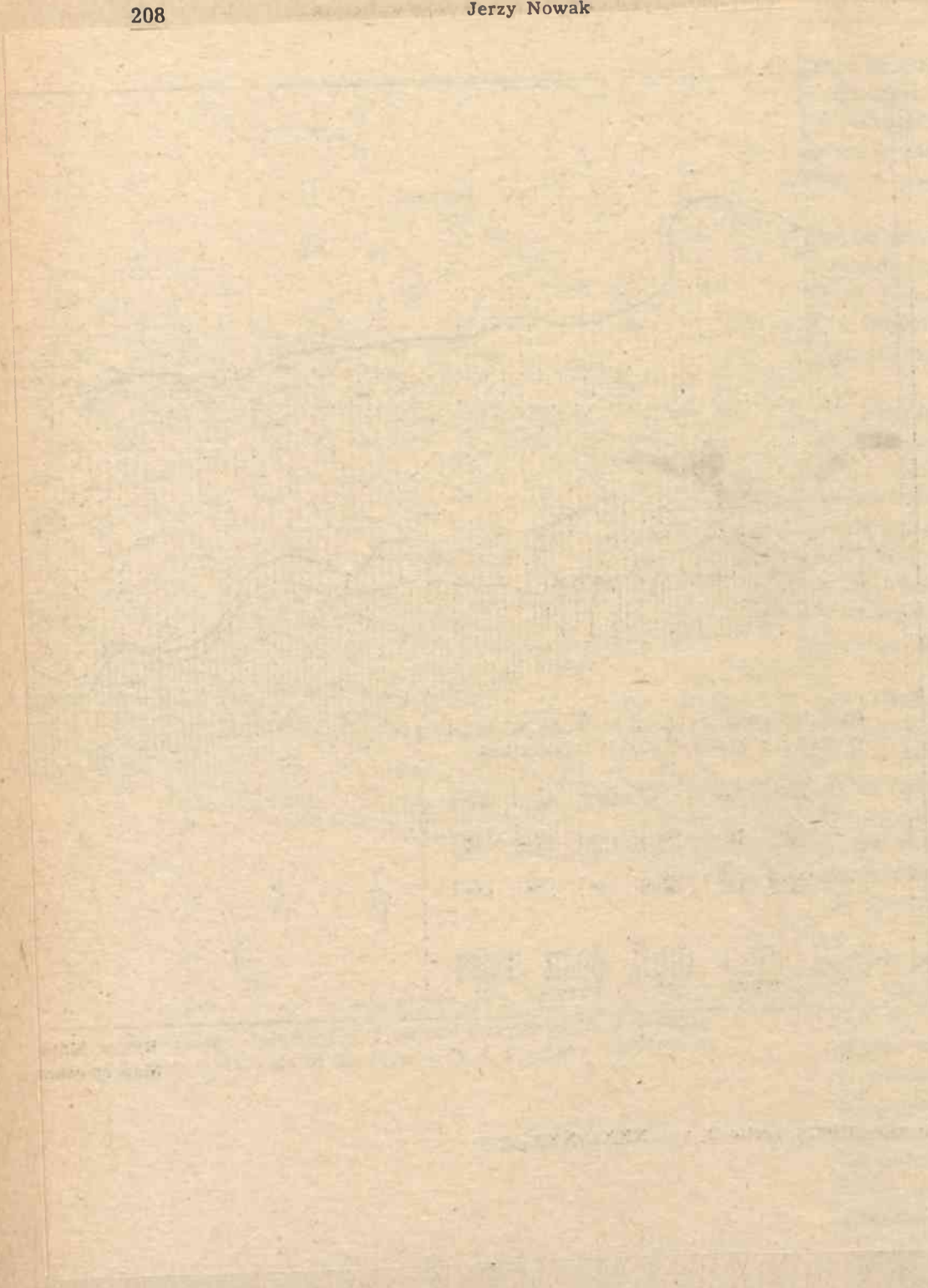
Najbardziej charakterystycznymi wskaźnikami wyliczonymi według metody Doeglasa dla lessów subaeralnych są: 45670 i 45660. Próbki lessów deluwialnych strefy krawędziowej północnej części Wyzyny Lubelskiej charakteryzują się większą różnorodnością wskaźników. Największa liczba próbek (33%) ma jednak również symbol 45670, ale znaczna ich liczba charakteryzuje się zapisem: 25670, 35670, 24560 czy 45680. W tej facjalnej odmianie utworów pyłowych z jednej strony znajduje się grupa próbek mających wskaźniki charakterystyczne dla osadów o znacznej zawartości ziarn grubych, z drugiej są próbki z danymi, wskazującymi na znaczny udział cząstek drobnych.

Pokrywowe utwory pyłowe północnego przedpola Płaskowyżu Nałęczowskiego charakteryzują się bardzo dużym rozproszeniem i wielką różnorodnością wskaźników. Najczęściej są to: dla mediany 6 — 25670 (34% próbek), 25680 (8%), 35670 (5%), dla mediany 5 — 24560 (8%), 25560 (6%), 13560 (6%), 14560 (6%). Uzyskane w ten sposób wyniki dają podstawę do rozgraniczenia pokrywowych utworów pyłowych i typowych lessów subaeralnych. Należy jednak przeanalizować jeszcze większą liczbę próbek z różnych obszarów, aby można było prawidłowo przeprowadzić granice klasyfikacyjne między poszczególnymi rodzajami osadów.

Metoda ta może być z powodzeniem wykorzystana w badaniach petrograficznych i sedymentologicznych przy wykrywaniu granic w uziarnieniu w osadach makroskopowo jednorodnych (np. w profilach lessowych, piaszczystych, mułkowych). Szczególnie może być przydatna do analiz litologicznych skał pochodzących z wierceń. Dużą zaletą metody Doeglasa jest także możliwość przedstawienia uziarnienia całej próbki osadu w postaci jednego wskaźnika cyfrowego. Klasyfikacje dotychczasowe tego nie zapewniały. Każda próbka uzyskuje swoisty „kod numeryczny”. Taka forma zapisu uziarnienia próbek poszczególnych osadów jest szczególnie przydatna w badaniach masowych, przy zastosowaniu elektronicznych maszyn cyfrowych.



Rys. 5. Mapa uziarnienia osadów klastycznych w świetle klasyfikacji D. J. Doeglasa
Map of granulation of clastic sediments in the light of D. J. Doeglas's classification



Cyfrowe wskaźniki Q_1 Md Q_3 lub Φ_1 Q_1 Md Q_3 Φ_{89} mogą być ponadto wykorzystane do konstruowania odpowiednich map uziarnienia. Taką próbę ujęcia przestrzennego wskaźników uziarnienia osadów klastycznych strefy krawędziowej północnej części Wyżyny Lubelskiej wyliczonych według metody Doeglasa przedstawiono na załączonej mapie (ryc. 5).

POGLĄD NA GENEZĘ I WIEK BADANYCH UTWORÓW PYŁOWYCH

Wśród skał czwartorzędowych, powstałych w warunkach kontynentalnych, grupę silnie zróżnicowaną stanowią utwory pyłowe, których podstawową odmianą są lessy. W Polsce przyjmuje się na ogół dość zgodnie eoliczną teorię powstawania lessu (4, 20, 21, 22, 23, 28, 30, 31, 41, 43, 44, 51, 52 i inni). Uważa się powszechnie, że tworzyły się one w warunkach subaeralnych w suchym kontynentalnym klimacie, a podstawową rolę odegrała segregacja i transport eoliczny. Z tego też względu sprawa genezy i wieku lessów w niniejszej pracy bliżej nie jest rozpatrywana, gdyż istnieje na ten temat duża liczba publikacji.

Drugą grupą skał pyłowych są utwory podobne do lessów, określane różnymi terminami przez poszczególnych badaczy, najczęściej jako utwory „lessopodobne” lub „lessowate”. Używane są również nazwy: pokrywowe utwory pyłowe, pokrywowe utwory eoliczne, pokrywowe utwory gliniaste, lessy nadległe, lessy płytkie, lessy najmłodsze. Ta duża różnorodność terminów utrudnia porównywanie tych osadów i formułowanie ewentualnych wniosków co do ich genezy.

Zagadnienie pochodzenia płytkich utworów pyłowych było od dawna kontrowersyjne. W najstarszych opracowaniach (26, 55) uważano je za polodowcowe glinki nieco przekształcone w wyniku procesów eluwalnych i deluwalnych. Dopiero w okresie międzywojennym na mapach głębokich powiatu puławskiego (53) i województwa lubelskiego (33) zaznaczone są, oprócz lessów głębokich, obszary występowania lessów płytkich oraz eluwiów i deluwiów lessowych. Pierwszą pracą powojenną zajmującą się zagadnieniami pochodzenia utworów lessopodobnych była rozprawa B. Dobrzańskiego i A. Malickiego (5). Autorzy na podstawie obserwacji terenowych i analiz laboratoryjnych utworów pyłowych okolic Leżajska stwierdzili duże różnice między tymi osadami a lessami typowymi. Uważali, że utwory lessopodobne okolic Leżajska powstały między innymi w wyniku kolejnych procesów zmywania i osadzania drobnych cząstek, a źródłem materiału były miejscowe gliny morenowe. W tym okresie zaznaczają się dwa kierunki dotyczące genezy płytkich utworów pyłowych. Według pierwszego osady te powstały w wyniku przesortowania utworów zwałowych i fluwioglacjalnych przez wody lodowcowe i polodowcowe oraz akumulacji w obniżeniach terenu. Te po-

glądy znalazły odbicie w Przeglądowej Mapie Gleb w skali 1:300 000, na co zwraca uwagę W. Karaszewski (24) i w opracowaniu zbiorowym (15). Drugi kierunek, reprezentowany głównie przez geografów i geologów, zakłada eoliczną genezę pyłów (2, 24, 37, 38, 40, 41). Odmienny nieco pogląd przedstawił J. Dylík (8), który przyjmował, że utwory pylaste podobne do lessu występujące na Wyżynie Łódzkiej powstały w wyniku wietrzenia mrozowego w warunkach środowiska peryglacjalnego. Wietrzenie (dezintegracja i segregacja mrozowa) dostarczyło już gotowej frakcji lessowej, którą wiatr mógł przenieść i złożyć w innym miejscu. Według J. Dylíka (8, s. 281) „pylaste utwory środkowej Polski można uznać za materiał macierzysty lessów osadzonych na innych terenach”. W późniejszych pracach J. Dylík (9, 10) skłania się do eolicznej genezy pyłów występujących na obszarze środkowej Polski. Ostatnio K. Konecka-Betley i T. Majsterkiewicz (25) również wyraźnie opowiadają się za eoliczną genezą pokrywowych utworów pyłowych Polski środkowej. J. Butrym (3) dla utworów pyłowych wschodniej części Niziny Sandomierskiej przyjmuje genezę wietrzeniową. Określa je jako utwory powstałe w wyniku procesów eluwialno-deluwialnych, przyjmując przemieszczanie pyłów drogą transportu deluwialnego.

Osobliwa odmiana utworów pyłowych, występujących na wschodnich krańcach Płaskowyżu Tarnogrodzkiego, opisana przez J. Borowca (1), należy według niego do grupy pyłów wodnego pochodzenia. S. Uziak i J. Pomian (57), podsumowując wyniki badań płytkich utworów pyłowych Wyżyny Lubelskiej, określanych przez nich terminem „utwory lessowate”, uważają, że sedymentacja tych utworów miała charakter mieszany; zachodziła przy udziale czynnika wodno-eolicznego o zmiennym nasileniu poszczególnych elementów w zależności od podłoża. A. Jahn (21) uważał, iż cienka warstwa pyłu w okolicach Końskowoli, Krasienina i Ciecierzyna, a więc na badanym przeze mnie obszarze, powstała w wyniku działalności eolicznej i ma charakter lokalnej facji lessu.

Podsumowując poglądy cytowanych autorów oraz opierając się na własnych obserwacjach terenowych i wynikach badań laboratoryjnych można przyjąć, że badane pokrywowe utwory pyłowe północnego przedpola Płaskowyżu Nałęczowskiego mają charakter poligeniczny, są sedymentem o złożonej genezie. Obok dominującego czynnika, jakim była sedymentacja eoliczna, ważną rolę odegrały także epigenetyczne procesy wietrzeniowe, jak również czynnik wodny. Objawy działalności wodnej szczególnie dobrze są widoczne w strefie obniżen bezpośrednio przylegających do północnej krawędzi Wyżyny Lubelskiej. Na tym obszarze dużą rolę odegrały zapewne denudacyjne procesy stokowe i deluwialne. Świadczą o tym cechy teksturalne i strukturalne osadów pyłowych, takie jak:

widoczne warstwowanie, wkładki piaszczyste, polimodalny rozkład uziarnienia oraz gorsza obróbka ziarna niż w lessach subaeralnych.

Na obszarach wierzchwinowych pokrywowe utwory pyłowe mają cechy strukturalne i teksturalne świadczące o przewadze czynnika eolicznego w czasie ich sedymentacji. O zbliżonej genezie pokrywowych utworów pyłowych i utworów lessowych świadczą podobieństwa niektórych parametrów i wskaźników uziarnienia. W składzie mechanicznym obu osadów charakterystyczny jest na przykład dominujący udział ziarna o wielkości 0,05—0,02 mm. Dość słabe wysortowanie materiału, dodatnia skośność i leptokurtyczne typy rozkładów są charakterystyczne tak dla lessów subaeralnych, jak i dla pokrywowych utworów pyłowych. Syntetyczny wskaźnik Doeglasa wskazuje, że duża część pokrywowych utworów pyłowych znajduje się w tym samym przedziale klasyfikacyjnym co lessy wierzchwinowe, tylko w innej podgrupie. Gdyby to były osady genetycznie niejednorodne, powstałe w różnych środowiskach sedymentacyjnych, to powinny się cechować generalnie różnymi statystycznymi wskaźnikami uziarnienia.

Duże podobieństwo występuje również w zakresie składu mineralnego. Charakterystyka składu mineralnego pokrywowych utworów pyłowych zostanie przedstawiona w odrębnym opracowaniu.

Sprawą ciągle aktualną jest zagadnienie wieku pokrywowych utworów pyłowych. Dla tych osadów brak jest zupełnie datowań wieku bezwzględnego. O ich wieku można wnioskować jedynie na podstawie metod geomorfologicznych i geologicznych, np. na podstawie stosunku do form akumulacyjnych i erozyjnych oraz osadów holocenckich.

W. P o z a r y s k i (37) cienkie pokłady tzw. „lessu nadległego” datuje na młodszy dryas. Także A. J a h n (21) stwierdził, że na Wyżynie Lubelskiej w tym okresie miała miejsce akumulacja płytkiego lessu synchronicznego z wydmami. F. R ó ż y c k i (40) przyjmował, że utwory lessopodobne Wyżyny Łódzkiej powstały w okresie „nasunięcia warciańskiego”. J. D y l i k (9, 10) zaś odnosił je do pleniglacjału zlodowacenia bałtyckiego lub do okresu bezpośrednio poprzedzającego sedymentację piasków wydmy. W. K a r a s z e w s k i (24) na podstawie stosunku pokrywowych utworów pyłowych do wydmy śródlądowych przyjmuje czas osadzania pyłów Polski środkowej na najmłodszy (górnny) dryas.

Jak podaje L. S t a r k e l (47) oscylacja młodszego dryasu (ok. 10 900—10 250 lat BP) zaznaczyła się ochłodzeniem i ożywieniem działalności eolicznej. Dominującymi kierunkami wiatrów były zachodnie i południowo-zachodnie. W okresie tym nastąpiło nadbudowanie niektórych wydmy i przekształcenie ich w formy paraboliczne. W zachodniej Europie w tym czasie były akumulowane eoliczne drobnoziarniste piaski pokrywowe. Te dane wskazują na równoczesność tworzenia się płytkich pokryw pyło-

wych i niektórych piaszczystych form eolicznych w okresie młodszego dryasu.

Względnie niewielka miąższość tych pokryw pyłowych świadczy o krótkim okresie ich akumulacji. Zmiana warunków klimatycznych i ekspansja roślinności w holocenie spowodowała zahamowanie ich rozwoju. Procesy glebotwórcze i działalność gospodarcza człowieka przyczyniły się do dalszych zmian w strukturze profilu pyłów, co jeszcze bardziej utrudnia interpretację genetyczną i wiekową tych utworów.

LITERATURA

1. Borowiec J.: Charakterystyka utworów pyłowych południowo-wschodniego krańca Płaskowyżu Tarnogrodzkiego (Characteristics of Silt Formations of the South-Easterly Confines of the Tarnogród Plateau). *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio B*, vol. XXIX (1974), Lublin 1976, ss. 143—158.
2. Borowiec J., Nakonieczny S.: Charakterystyka płytkich utworów lessopodobnych w lewobrzeżnym dorzeczu środkowego Wieprza (A Characteristics of the Shallow Loess-like Formation on the Left Side of the River Wieprz Basin). *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio B*, vol. XX (1965), Lublin 1968, ss. 159—176.
3. Butrym J.: Utwory pyłowe wschodniej części Niziny Sandomierskiej (Silty Formations in the Eastern Part of the Sandomierz Lowland). *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio B*, vol. XXIII (1968), Lublin 1970, ss. 87—127.
4. Cegła J.: Sedymentacja lessów w Polsce (Loess Sedimentation in Poland). *Acta Univ. Wratisl. 168, Stud. Geogr. 17*, Wrocław 1972.
5. Dobrzański B., Malicki A.: Rzekome loessy i rzekome gleby loessowe okolic Leżajska (Pseudo-Loesses and Pseudo-Loess Soils in the Environment of Leżajsk). *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio B*, vol. III (1948), Lublin 1949, ss. 415—426.
6. Dobrzański B., Uziak S.: Rozpoznawanie i analiza gieb. Lublin 1966.
7. Doeglas D. J.: Grain-size Indices, Classification and Environment. *Sedimentology*, vol. 10, nr 2. Amsterdam 1968, ss. 83—100.
8. Dylik J.: Głazy rzeźbione przez wiatr i utwory podobne do lessu w środkowej Polsce (Wind Worn Stones and Loess-like Formations in Middle Poland). *Biul. PIG, nr 67; Z badań czwartorzędu w Polsce, t. 3*, Warszawa 1952, ss. 231—332.
9. Dylik J.: Główne elementy paleogeografii młodszego plejstocenu Polski środkowej. W: *Czwartorzęd Polski*, Warszawa 1967, ss. 311—352.
10. Dylik J.: L'action du vent pendant le dernier âge froid sur le territoire de la Pologne centrale. *Biul. Perygl.*, nr 20, Łódź 1969, ss. 29—41.
11. Fink J.: INQUA Loess Commission. Circular Letter nr 11, Beilage 1, Quadrennial Report. 1974, ss. 4—6.
12. Folk R. L.: A Review of Grain-size Parameters. *Sedimentology*, vol. 6, nr 2, Amsterdam 1966, ss. 73—93.
13. Folk R. L., Ward W. C.: Brazos River Bar: a Study in the Significance of Grain-size Parameters. *J. Sediment. Petrol.* vol. 27, nr 1, Tulsa 1957, ss. 3—26.
14. Friedman G. M.: Dynamic Processes and Statistical Parameters Compared

- for Size Frequency Distribution of Beach and River Sands. *J. Sediment. Petrol.* vol. 37, nr 2, Tulsa 1967, ss. 327—354.
15. Genetyczna klasyfikacja gleb Polski. Opracowanie zbiorowe. *Roczniki Glebozn.*, t. 7, z. 2, Warszawa 1959.
 16. Grzegorzczak M.: Metody przedstawiania uziarnienia osadów (Metodi przedstawienia zernowego sostawa osadoczných otložení). PTPN Wyd. Mat. Przyr., Prace Komisji Geogr. Geol., t. 10, z. 2, Poznań 1970.
 17. Hauryłkiewicz J., Racinowski R.: Zastosowanie entropii do charakterystyki wysortowania niektórych osadów czwartorzędowych. *Pr. Nauk. Polit. Szczecińskiej*, nr 7, Szczecin 1974, ss. 21—35.
 18. Hazen A.: Storage To Be Provided in Impounding Reservoirs for Municipal Water Supply. *Trans. A. Soc. Civil Engin.*, vol. 77, New York 1914, ss. 1539—1669.
 19. Inman D. L.: Measures for Describing the Size Distribution of Sediments, *J. Sediment. Petrol.*, vol. 22, nr 3, Tulsa 1952, ss. 125—145.
 20. Jahn A.: Less, jego pochodzenie i związek z klimatem epoki lodowcowej (Loess, Its Origin and Connection with the Climate of the Glacial Epoch). *Acta Geol. Pol.*, vol. 1, nr 3, Warszawa 1950, ss. 257—303.
 21. Jahn A.: Wyżyna Lubelska. Rzeźba i czwartorzęd (Geomorphology and Quaternary History of Lublin Plateau). *Pr. Geogr. IG PAN* nr 7, Warszawa 1956.
 22. Jersak J.: Główne kierunki wiatrów osadzających less w czasie ostatniego piętra zimnego (Les directions du ventes prédominants accumulants les loess au cours du dernier étage froid). *Problemy Czwartorzędu. Acta Geogr. Lodz.* nr 24, Łódź 1970, ss. 225—239.
 23. Jersak J.: Litologia i stratygrafia lessów wyżyn Południowej Polski (Lithology and Stratigraphy of the Loess on the Southern Polish Uplands). *Acta Geogr. Lodz.* nr 32, Łódź 1973.
 24. Karaszewski W.: Pokrywowe utwory pyłowe w Polsce środkowej — najmłodszy less (Covering Silt Formations in Central Poland — the Youngest Loess). *Kwart. Geol.*, t. 16, nr 1, Warszawa 1972, ss. 171—182.
 25. Konecka-Betley K., Majsterkiewicz T.: Geneza gleb wytworzonych z pokrywowych utworów pyłowych Polski środkowej (Genesis of Soils Developed of Silty Cover Sediments of Central Poland). *Roczniki Glebozn.*, t. 24, z. 2, Warszawa 1973, ss. 133—158.
 26. Krisztafowicz N. I.: Gidro-geologiczeskoje opisanije terrytorii goroda Lublina i jego okriestnostiej. *Zapiski Nowo-Aleksandrijskiego Inst.*, t. 15, z. 3, Warszawa 1902.
 27. Lysenko M. P.: Ispolzowanije pokazateliej granulometricheskogo sostawa dla rozgranichenija lossa ot lossowidnych porod. *Dokl. Akad. Nauk SSSR, Ser. Geol.* t. 208, nr 1, Moskwa 1973, ss. 208—210.
 28. Malicki A.: Geneza i rozmieszczenie lessów w środkowej i wschodniej Polsce (The Origin and Distribution of Loess in Central and Eastern Poland). *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio B*, vol. IV (1949), Lublin 1950, ss. 195—228.
 29. Malicki A.: K metodikie ustanowlenija razliczij między lossami i lossowidnymi porodami. *Probl. Czetwiert. Litogienieza, Moskwa* 1966, ss. 91—92.
 30. Malicki A.: Lessy na obszarze Polski i ich związek z czwartorzędem. W: *Czwartorzęd Polski, Warszawa* 1967, ss. 372—396.
 31. Maruszczak H.: Kierunki wiatrów w okresie akumulacji lessu młodszego we wschodniej części Europy Środkowej (Wind Directions during the Accumulation of the Younger Loess in East-Central Europe). *Rocz. Pol. Tow. Geol.* t. 37, z. 2, Kraków 1967, ss. 177—188.

32. Maruszczyk H.: Podstawowe cechy genetyczne i stratygraficzne lessów Polski południowo-wschodniej. Przew. Symp. Kraj. Litologia i stratygrafia lessów w Polsce, Warszawa 1972, ss. 89—136.
33. Mieczyski T.: Gleby województwa lubelskiego (Soil Map of the Department of Lublin). W: Monografia statystyczno-gospodarcza województwa lubelskiego, t. 1, Lublin 1932, ss. 39—89.
34. Mojski J.: Stratygrafia lessów w dorzeczu dolnej Huczwy na Wyżynie Lubelskiej (Loess Stratigraphy in the Drainage Basin of the Lower Huczwa River in the Lublin Upland). Biul. Inst. Geol., nr 187; Z badań czwartorzędu w Polsce, t. 11, Warszawa 1965, ss. 145—216.
35. Otto G. H.: A Modified Logarithmic Probability Graph for the Interpretation of Mechanical Analyses of Sediments. J. Sediment. Petrol., vol. 9, nr 2, Tulsa 1939, ss. 62—76.
36. Passaga R.: Grain-size Representation by CM Patterns as a Geological Tool. J. Sediment. Petrol., vol. 34, nr 4, Tulsa 1964, ss. 830—847.
37. Pożaryski W.: Plejstocen w przełomie Wisły przez Wyżyny Południowe (The Pleistocen in the Vistula Gap Across the Southern Uplands). Prace Inst. Geol., t. 9, Warszawa 1953.
38. Radłowska C.: W sprawie lessu na międzyrzeczu Kamiennej i Krępianki (On Loess in the Watershed Area between the Kamienna River and the Krępianka River). Prz. Geogr., t. 32, z. 3, Warszawa 1960, ss. 303—320.
39. Radłowska C., Mycielska-Dowgiałło E.: Uwagi o deglacjacji zachodniej części Gór Świętokrzyskich — w okolicach Chęciny (Comments on Deglaciation in Part of Święty Krzyż Mountains — near Chęciny). Prz. Geogr., t. 44, z. 4, Warszawa 1972, ss. 649—672.
40. Różycki F.: Lessy kopalne i utwory lessopodobne na Wyżynie Łódzkiej (Iskopajemyje loessy i lossowidnyje obrazowania wozwyszennosti okriestnostiej g. Łodzi). Roczn. Pol. Tow. Geol., t. 31, z. 2—4, Kraków 1961, ss. 285—302.
41. Różycki S. Z.: Plejstocen Polski środkowej na tle przeszłości w górnym trzeciorzędzie. Warszawa 1967.
42. Ruchin L. B.: Granulometryczeskij metod izuczenija pieskow. Leningrad 1947.
43. Samsonowicz J.: O loessie wschodniej części Gór Świętokrzyskich (Sur le loess dans la partie orientale des montagnes de S-te Croix). Wiad. Archeol., t. 9, Warszawa 1924, ss. 1—16.
44. Sawicki L.: Sur la stratigraphie du loess en Pologne. (O stratygrafii lessu w Polsce). Roczn. Pol. Tow. Geol., t. 8, z. 2, Kraków 1932, ss. 133—171.
45. Sharp W. E., Fan P.-F.: A Sortin Index. Journ. Geol., vol. 71, nr 1, Chicago 1963, ss. 76—84.
46. Shepard F. P.: Nomenclature Based on Sand-Silt-Clay Ratios. J. Sediment. Petrol., vol. 24, nr 3, Tulsa 1954, ss. 151—158.
47. Starkel L.: Paleogeografia holocenu. Warszawa 1977.
48. Stochlak J.: Statystyczne wskaźniki uziarnienia (Statistical Indices of Grain-size of Sediments). Prz. Geol. R. 16, nr 3, Warszawa 1968, ss. 126—133.
49. Stochlak J.: Możliwości interpretacji genezy osadów drobnoklastycznych na podstawie statystycznych wskaźników uziarnienia (Possibilities of Genetic Interpretation of Fine Clastic Deposits on the Basis of Statistic Indices of their Grain-size Distribution). Prz. Geol. R. 21, nr 12, Warszawa 1973, ss. 649—658.
50. Stochlak J.: Struktury i tekstury młodoplejstoczeńskich osadów deluwial-

- nych (Textures and Structures of Late Pleistocene Deluvial Deposits). Biul. Inst. Geol., nr 306; Z badań czwartorzędu w Polsce, t. 21, Warszawa 1978, ss. 115—174.
51. Tokarski J.: Less powiatu sokalskiego (Sur le loess de Sokal en Galicie). Kosmos, t. 40 (1915), Lwów 1917, ss. 58—62.
 52. Tokarski J.: Physiographie des podolischen Lösses und das Problem seiner Stratigraphie. (Fizjografia lessu podolskiego oraz zagadnienie jego stratygrafii). Mém. Acad. pol. Ser. A, nr 4, Kraków 1936, ss. 1—81.
 53. Tomaszewski J.: Gleby powiatu puławskiego z mapą barwną w skali 1 : 100 000. PINGW, Puławy 1929.
 54. Trask P. D.: Origin and Environments of Source Sediments of Petroleum. Houston 1932.
 55. Trejdosiewicz J.: Objaśnienie do mapy geologicznej guberni lubelskiej. Pam. Fizjogr., t. 13, dz. 2, Warszawa 1895, ss. 3—23.
 56. Urbaniak - Biernacka U.: Nowoczesna klasyfikacja osadów klastycznych według wielkości ziarn (New Terminology of Class Intervals of Graded Scale of Rock Debris). Prz. Geol. R. 23, nr 3, Warszawa 1975, ss. 137—139.
 57. Uziak S., Pomian J.: Utwory lessowate Wyżyny Lubelskiej (Loess-like Sediments of the Lublin Upland). Biul. Inst. Geol., nr 297; Z badań czwartorzędu w Polsce, t. 18, Warszawa 1976, ss. 265—274.
 58. Wojtanowicz J.: Wyspa lessowa koło Krzeszowa nad Sanem (The Loess Island near Krzeszów on San). Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio B, vol. XXVI (1971), Lublin 1974, ss. 67—88.

РЕЗЮМЕ

В работе проводится детальную характеристику грануляции пылевых отложений зоны краевого уступа северной части Люблинской возвышенности. Предпринято также попытку определить гранулометрические критерии, облегчающие подразделение и классификацию пылевых отложений.

Для исследования грануляции были взяты пробы отложений из обнажений, ям и буровых скважин. Проведены 570 лабораторных анализов механического состава. Для обогащения и уточнения количественной и качественной характеристики отложений вычислялись, при помощи электронно вычислительной машины статистические показатели, опираясь на данные полученные из лабораторных анализов. К программе вычислительной машины избрано 21 наиболее авторитетную и отличающуюся наибольшей эффективностью формулу и статистические параметры, в том две новые меры предложенные автором. Показано большую пригодность вычислительных методов в исследованиях гранулометрии кластических горных пород.

На основании проведенных полевых исследований, лабораторных анализов механического состава исследованных пород и обработки статистических данных программы вычислительных машин выделяется четыре типа пылевых отложений: лёссы субазральные, лёссы делювиальные, покровные пылевые отложения и наилки озерно-флювиальные. Две основные группы пылевых отложений: лёссы субазральные и покровные пылевые отложения образованные в значительной мере из частиц пылевой фракции, которая составляет в среднем 60—80% всего осадка. Характерной чертой этих отложений является решительное преобладание зерен фракции 0,05—0,02 мм. В лёссах субазральных Наленчовского возвышения содержание той фракции колеблется в границах 40—54%, а в покровных пылевых отложениях южной части Любартовского возвышения

оно составляет от 11% до 50%. Покровные пылевые отложения отличаются значительным содержанием песчанистой фракции (в среднем ок. 32%) и часто полимодальном распределении величины зерен.

Величины средних размеров зерен следующие: медиана (M_0) лёссов субазральных колеблется от 4,937 ϕ по 5,505 ϕ что соответствует 0,033—0,022 мм, в то же время средний диаметр зерна ($M\phi$) колеблется в границах 5,567—6,171 ϕ , что соответствует 0,021—0,014 мм. Медиана покровных суглинков характерна большим диапазоном: от 2,423 ϕ (0,187 мм) до 5,795 ϕ (0,018 мм). Подобным образом представляются величины для средних диаметров зерен (от 0,105 мм до 0,013 мм).

Сортировка пылевых отложений, исследованная с помощью уравнения Э. В. Шарпа и П.-Ф. Фана (45) показывает, что лёссы субазральные принадлежат к отложениям среднехорошо сортированных, в место того наилки и покровные суглинки — к среднеслабо сортированным.

Исследованные пылевые отложения характерны положительно и очень положительно косою асимметрией распределения величины зерен. Положительное косое уложение, принимаемое до сих пор как черта типичная для речных песков и песков дюн, является также характерной для лёссов и покровных суглинков.

Констатировано некоторую взаимозависимость между средней величиной зерна (M_z), а сортировкой отложений. В общем более низкими величинами сортировки отличаются отложения с более крупными зернами. В случае взаимозависимости между графической косою (Sk_p), а средним диаметром зерна (M_z) на диаграмме видно скопление пунктов укладывающихся в виде синусоиды. Анализируя зависимость между лёссовым показателем (L), а средним диаметром зерна (M_z) мы получаем простой образ, из которого вытекает, что отложения с большим диаметром зерен характерны низкими величинами лёссового показателя, а отложения с меньшим диаметром характерны более высокими величинами. Обращает внимание факт, что большее накопление проекционных пунктов проб покровных суглинков находится между полем золowych песков, а лёссами. Из этого вытекает, что это переходные отложения между золowymi песчаныстыми отложениями, а лёссами.

Доказано, что для целей интерпретации генезиса и условий седиментации, а также для целей классификации пылевых отложений наиболее пригодным является показатель Д. И. Дегласа (7). Наиболее характерными показателями вычисленными методом Дегласа для лёссов субазральным являются: 45670 и 45660, а для покровных суглинков главным образом: 25670, 25680, 24560, 25560, 14560. Полученные таким образом результаты дают основание для разграничения покровных суглинков от типичных субазральных лёссов.

Опираясь на полевые наблюдения, лабораторные анализы и анализы показателей грануляции, можно сделать вывод о происхождении пылевых отложений. Покровные суглинки северного краевого уступа Люблинской возвышенности имеют полигенетический характер. Они образовались в результате золовой седиментации при участии выветривания, а также в результате денудационного перемещения материала, вероятно во время младшего дриасса.

ОБЪЯСНЕНИЯ РИСУНКОВ И ТАБЛИЦ

Рис. 1. Средние кумуляционные кривые грануляции пылевых отложений и песков Наленчовского возвышения и прилегающей зоны.

Рис. 2. График зависимости сортировки (σ_1) от среднего диаметра зерен (M_z) в исследованных пылевых отложениях.

Рис. 3. График зависимости суммарной графической косости (Sk_I) от среднего диаметра зерен (Mz) в исследованных пылевых отложениях.

Рис. 4. График зависимости лёссового показателя (L) от среднего диаметра (Mz) в исследованных пылевых отложениях.

Рис. 5. Карта грануляции кластических отложений в свете классификации Д. И. Дегласа.

Табл. 1. Статистические показатели грануляции.

Табл. 2. Гранулометрический состав в исследованных пылевых отложениях и песках северного краевого уступа Люблинской возвышенности (в числителе поданы средние числа, а в знаменателе — крайние).

Табл. 3. Средние и крайние величины статистических показателей грануляций кластических отложений зоны краевого уступа северной части Люблинской возвышенности. Меры асимметрии. Куртозы. Лёссовый показатель.

Табл. 3а. Средние и крайние величины статистических показателей грануляции кластических отложений зоны краевого уступа северной части Люблинской возвышенности. Меры сортировки.

Табл. 3б. Средние и крайние величины статистических показателей грануляции кластических отложений зоны краевого уступа северной части Люблинской возвышенности. Меры асимметрии. Куртозы. Лёсовый показатель.

SUMMARY

The work presents a detailed characterization of granulation of silty formations in the northern marginal zone of the Lublin Upland in the area between the Garbów locality and the Bystrzyca river. An attempt has been made to establish granulometric criteria, facilitating the division and classification of silty formations.

The granulometric examinations were carried on the samples taken from outcrops, excavations and structure drillings. 570 laboratory analyses of mechanical composition were made. In order to increase the number and better determine the quantity and quality characterizations the statistical indices, based on the data obtained in result of the laboratory analyses, have been counted by means of an electronic computer. For the numerical programme there were chosen 21 most adequate and effective formulae and statistic parameters, two of them suggested by the author. Numerical methods have been proved very useful for granulometric investigations of clastic rocks.

On the basis of the carried field investigations, laboratory analyses of mechanical composition of the taken samples and obtained statistic results from the numerical programme, 4 types of silty formations were distinguished there: subareal loesses, deluvial loesses, cover silty formations and limnetic-fluvial muds. Two basic groups of silty formations i.e.; subareal loesses and cover silty formations are formed largely of particles of silty fraction which amounts to, on an average, 60—80% of the whole sediment. The characteristic feature of these formations is the prevalence of grains of 0.05—0.02 mm fraction. In subareal loesses of the Nałęczów Plateau the percentage of this fractions amounts to 40—54%, while in cover silty formations of the southern part of the Lubartów altitude it ranges from 11% to 50%. Contrary to loesses the cover silty formations are characterized by a considerable percentage of sandy fraction (on the average about 32%) and frequently polimodal distribution of grain sizes.

The values of medium grain sizes are the following; median (Md) of subareal loesses ranges from 4.937ϕ to 5.505ϕ which corresponds to 0.033 mm and 0.022 mm, while the medium grain diameter (M ϕ) amounts from 5.587ϕ to 6.171ϕ which corresponds to 0.021 and 0.014 mm respectively. Median of cover silty formations is characterized by a greater range, namely from 2.423ϕ (0.187 mm) to 5.795ϕ (0.018 mm). Values for a mean grain diameter are of a similar range (from 0.105 mm to 0.013 mm).

The sorting of silty formations examined by means of E. W. Sharp and P.-F. Fan's formula (45) indicates that subareal loesses belong to the mean well sorted sediments, while muds and cover silty formations are mean and poorly sorted.

The investigated silty formations are characterized by positive and very positive oblique asymmetry of grain size distribution. Positive obliqueness, so far regarded as a typical feature for river and dune sands, is also characteristic for loesses and cover silty formations.

Certain correlation has been found between the medium size grain (Mz), and the sediment sorting. On the whole, the sediments of coarser grain have lower values of sorting. In case there is a correlation between a graphical obliqueness (Sk_1), and a medium grain size (Mz) the graph of functions presents the concentration of points in the shape of a sinusoid. The analysis of correlation between the loess index (L) and the average grain diameter clearly shows that the sediments of a bigger grain diameter have lower values of the loess index, while the sediments of a smaller grain diameter have higher index values. It is notable that large concentration of projection points of samples of cover silty formations is found between the field of eolian sands and loesses. Thus, the conclusion can be drawn that cover silty formations are transitional sediments between eolian sandy sediments and loesses.

It has been proved that for the interpretation of genesis and sedimentary conditions, as well as for classification of silty formations, the most suitable index is that of D. J. Doeglas's (7). According to the Doeglas's method the most characteristic indices counted for subareal loesses, are 45670 and 45660 and for cover silty formation are chiefly 25670, 25680, 24560, 25560 and 14560. Results thus obtained give reason for separating cover silty formation from typical subareal loesses.

On the basis of the field observations, laboratory examinations and analyses of granulation indices, the origin of silty formations can be determined. Cover silty formations in the northern marginal zone of the Lublin Upland are of polygenic character. They were formed as a result of eolian sedimentation and weathering processes as well as due to the denudative transport of material, probably in the Younger Dryas period.