

## MOŻLIWOŚĆ INTERPRETACJI GENEZY OSADÓW DROBNOKLASTYCZNYCH NA PODSTAWIE STATYSTYCZNYCH WSKAŹNIKÓW UZIARNIENIA

UKD 552.14:552.517.4:551.312:552.123:519.2

Uziarnienie jest jedną z głównych własności strukturalnych osadów klastycznych, a ich główną metodą badawczą jest analiza granulometryczna. Wielostronne znaczenie tej metody polega m.in. na dostarczeniu podstawowej charakterystyki ilościowej struktury badanego osadu. Taka charakterystyka stanowi materiał wyjściowy dla wszystkich niemal dziedzin geologii zarówno o charakterze podstawowym, jak i stosowanym. Wśród rozległej problematyki związanej z analizą granulometryczną szczególnym zainteresowaniem cieszył się i cieszy nadal problem możliwości interpretacji genezy osadów klastycznych na podstawie ich uziarnienia, przy czym spełnienie takiej możliwości stanowi najwyższy stopień użyteczności stosowanych metod dla badań geologicznych. Celem przedstawionej pracy jest przeanalizowanie na bazie własnych badań osadów deluwialnych (50), przydatności dotychczasowych metod w zakresie wykorzystania uziarnienia dla celów interpretacji genetycznej osadów klastycznych.

### PRZEGLĄD METOD INTERPRETACJI GENETYCZNEJ OSADÓW<sup>1</sup>

Wzajemny związek między uziarnieniem a genezą osadów od dziesiątków lat zajmuje poczesne, jeśli nie pierwsze miejsce wśród wielostronnej problematyki badań granulometrycznych.

Wieloletnie badania nad tym zagadnieniem, datujące się jeszcze od prac J. A. Udden<sup>2</sup> (57), nie przyniosły dotychczas całkowicie pozytywnego rozwiązania. Trwają intensywne próby znalezienia odpowiedzi na ciągle jeszcze frapujące pytanie: czy i jak na podstawie wyników analiz granulometrycznych można określić genezę badanego osadu klastycznego. Z licznych sposobów rozwiązania tego zagadnienia wiele przekształciło się w metody badawcze, które pomimo że nie rozwiązują do końca postawionego problemu — wniosły poważny wkład do poznania procesów tworzących poszczególne środowiska genetyczne osadów. Wszystkie stworzone metody badawcze nawiązują do opisu krzywych kumulacyjnych uziarnienia osadu — różnice polegają na sposobie opracowania wyników, a właściwie na sposobie ich zestawienia.

Wyróżniono 3 główne grupy metod służących do interpretacji genezy osadów klastycznych na podstawie ich uziarnienia.

I grupa — porównywanie statystycznych wskaźników uziarnienia — opiera się na porównywaniu, najczęściej w formie wykresów, parametrów uziarnienia odczytanych bezpośrednio z krzywej kumulacyjnej (metodą graficzną), wykreślonej na tzw. granulometrycznej siatce prawdopodobieństwa lub też wskaźników wyliczonych, np. meto-

dą momentów. Do grupy tej należą m.in. wskaźniki P. D. Traska<sup>3</sup>, znajdujące się dziś mimo różnych zastrzeżeń i uwag krytycznych powszechnie niemal zastosowanie oraz D. L. Inmana<sup>4</sup>, R. L. Folka i W. C. Warda<sup>5</sup> oraz G. M. Friedmana<sup>6</sup> (12). Synteznego zestawienia szeregu statystycznych wskaźników uziarnienia dokonali: w ostatnim okresie R. L. Folk<sup>7</sup>, a w naszej literaturze J. Stochlak (49), F. Pieczka (43), M. Grzegorzczak (17). Dla celów interpretacji wskaźniki uziarnienia są porównywane między sobą, zazwyczaj parami, tworząc wzorcowe genetyczne diagramy czy wykresy. Przykładami tego typu podejścia są m.in. diagram genetyczny L. B. Ruchina<sup>8</sup>; diagram C. M. Passegi (39, 40), czy też wykresy zapoczątkowane w klasycznych już dziś pracach R. Folka i W. C. Warda<sup>9</sup> oraz C. C. Masona i R. L. Folka (32), a następnie rozwinięte przez licznych badaczy, w tym najpełniej w pracach G. M. Friedmana<sup>10</sup> (12).

Do grupy tej należy zaliczyć również metodę zaproponowaną ostatnio przez D. J. Doeglasa (8), którą autor (50) zastosował dla rozróżnienia osadów o odmiennej genezie — deluwialnych, eolicznych, rzecznych, proluwialnych. Zastosowanie terminologii dla osadów klastycznych proponowanej przez D. J. Doeglasa (8), niezbyt udanej z uwagi na swą sztuczność językowa (przynajmniej w języku polskim) podają ostatnio C. Radłowska i E. Mycielska-Dowgiałło (44).

II grupa metod — wizualnego porównania krzywych kumulacyjnych uziarnienia — opiera się jedynie na porównaniu kształtu krzywych kumulacyjnych. Należą tu m.in. metody zapoczątkowane przez D. J. Doeglasa (5, 6, 7, 9) i kontynuowane następnie m.in. przez Sindowskiego<sup>11</sup>, S. A. Harrisa (19, 20), A. O. Fullera (13), W. F. Tannera<sup>12</sup>, D. W. Spencera<sup>13</sup>. Głównym ich założeniem jest przyjęcie, że jedynie krzywa kumulacyjna obrazuje w sposób pełny i miarodajny rozkład uziarnienia danego gruntu, czyli że statystyczne wskaźniki uziarnienia nie oddają w pełni rozkładu uziarnienia.

W celu podniesienia obiektywności oceny kształtu krzywej kumulacyjnej wzbogacono wizualną ocenę tej krzywej odpowiednimi wskaźnikami liczbowymi, a to m.in. poprzez: a) określenie kątów nachylenia głównej populacji krzywej H. Sindowskiego, dodatkowo traktowanej np. jako miara wysortowania, b) procentową zawartość i wysortowanie poszczególnych populacji (61).

Należy dodać, iż wymienionym powyżej cechom krzywych kumulacyjnych poszczególni autorzy przypisują znaczenie genetyczne, tj. że charakteryzują one określone środowiska sedymentacji.

<sup>2</sup> W literaturze polskiej na szerszą skalę metoda L. B. Ruchina<sup>8</sup> zastosowała A. Teofilak-Maliszewska (54), używając ją dla 160 próbek piaskowców hasowskich z obszaru Niżu Polskiego. Niezachęcające wyniki tych badań być może spowodowane zostały nie uwzględnieniem w pełni wymogów tej metody.

<sup>3</sup> W literaturze polskiej metodę H. Sindowskiego<sup>11</sup> stosował m. in. J. Liszkowski, J. Stochlak (31), T. Musiał (36).

<sup>1</sup> Szczególną rolę dla potencjalnego rozwoju wszelkich metod interpretacji genezy osadów w oparciu o uziarnienie odegrały prace A. Hazena<sup>4</sup>, G. H. Otto<sup>5</sup> i J. P. Hardinga (18)

<sup>6</sup> Pozycje literatury zestawione w pracy J. Stochlaka (Prz. geol. 1968, nr 3, s. 132—133).

III — najmłodsza grupa metod — technik modelowania statystycznego opiera się na wykorzystaniu dla genetycznej interpretacji osadów wybranych technik statystycznych m.in. metody analizy wyróżniającej (dyskryminującej) oraz analizy czynnikowej. Prób zastosowania funkcji wyróżniającej dla rozdzielenia szeregu środowisk dokonali m.in.: B. K. Sahu\*, R. J. Moiola i D. Weiser (34), W. N. Szwanow (53) oraz ostatnio R. W. Tillman (55, 56).

B. K. Sahu\* podał m.in. szereg funkcji wyróżniających w terminach statystycznych wskaźników uziarnienia:  $M_z$ ,  $\sigma_1$ ,  $Sk_1$  i  $K_G$  (wg R. L. Folka i W. C. Warda\*) dla rozdzielenia procesów i osadów eolicznych i litoralnych, plażowych i płytkomorskich, płytkomorskich i rzecznych oraz rzecznych i osadów prądów zawieszinowych. Podobnie R. J. Moiola i D. Weiser (34) opracowali szereg liniowych funkcji wyróżniających, opartych na surowych danych uziarnienia dla rozróżnienia piasków 3 środowisk — piasków plażowych, wydmych i rzecznych. Stosując tę metodę R. J. Moiola i D. Weiser zaklasyfikowali poprawnie ok. 80% badanych próbek. Komentując powyższe wyniki J. T. Solohub i J. E. Klovana (47) wyrażają przypuszczenie, że technika ta zasadniczo eliminuje potrzebę stosowania procedury dwuzmiennej, tj. wykresów opartych o zależność 2 wskaźników.

W Polsce metodę analizy wyróżniającej dla celów charakterystyki osadów klastycznych zastosowali J. Rzechowski<sup>4</sup> (46) dla osadów sypkich kilku plejstoceńskich środowisk sedimentacyjnych oraz I. Wiatr (64) dla rozdzielenia mułków zalegających nad i pod poziomem glin zwałowych zlodowacenia środkowopolskiego. Metodę tę następnie zastosowano w szeregu pracach zespołu autorów z Instytutu Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej UW, realizujących problem węzłowy 06.1.1. pod kierunkiem naukowym prof. dr hab. W. C. Kowalskiego.

Metodykę zastosowania funkcji wyróżniającej dla celów geologicznych opracowali: I. Wiatr, P. Stenzel i A. Kowalski (69, 71). Pierwszego zastosowania tej funkcji dla rozdzielenia dwóch poziomów glin zwałowych dokonała N. Lipińska (25, 26, 28), zaś dla analizy porównawczej osadów sedimentacji eolicznej stosowali ją K. Balińska-Wuńke i P. Stenzel (1, 2, 48, 73, 74).

Równoległym torem biegu zastosowanie dla omawianych celów — analizy czynnikowej (factor analysis). Wśród szeregu sposobów wykonywania analizy czynnikowej, jak dotychczas najczęściej stosowanych dla celów geologicznych, w tym generalnie ujmując również dla charakterystyki osadów klastycznych są: sposób R (R-moda) i sposób Q (Q-moda). Serię prac określania środowiska sedimentacji w oparciu o rozkłady uziarnienia rozpoczął J. E. Klovana (21), który zastosował sposób Q dla współczesnych osadów zatoki Barataria w delcie Missisipi (dane W. C. Krumbaina i F. Aberdeena, 24) i stwierdził przydatność tej metody w odniesieniu do osadów kopalnych. J. T. Solohub i J. E. Klovana (47), stosując tę samą metodę (Q-moda) dla osadów jeziornych z Grand Beach i potwierdzając użyteczność tej metody dla badań uziarnienia kopalnych środowisk, podnoszą inny szczególnie ważny problem — definicji środowiska sedimentacji. Stwierdzają m.in. „...stać „środowisko” interpretowane na podstawie kryteriów fizjograficznych (np. środowisko deltowe jako występujące w delcie, przyp. J. S.) nie musi wykazać tych cech co „środowisko” interpretowane na podstawie procesu. Środowisko, w tym ostatnim znaczeniu, jest zachowane w rozkładzie uziarnienia osadów piaszczystych” (J. T. Solohub i J. E. Klovana, op. cit., s. 100).

Metodę tę dla osadów rzeczno-deltowych stosowali m.in.: A. O. Beall (3) oraz R. W. Tillman (55, 56). Szczególnie interesująco prezentują się wyniki tego ostatniego. Wyniki uziarnienia osadów 3 środowisk (rzeczne, eoliczne, plażowe) poddano jednocześnie analizie wyróżniającej i czynnikowej (Q-moda). Bardziej reprezentatywna okazała się tu metoda pierwsza.

<sup>4</sup> Program na e.m.c. ODRA 1204 dla liniowej funkcji wyróżniającej opracowała K. Uścińska (58).

Ważny jest również inny wynik. Lepszą dyskryminację środowisk uzyskano poprzez oddzielne analizowanie każdej z 2 lub 3 populacji, pojawiających się w formie linii prostych na zbiorczych wykresach na normalnym papierze prawdopodobieństwa niż przy użyciu standardowych parametrów uziarnienia obliczonych przy założeniu, że każda próbka reprezentuje pojedynczą populację.

Pomimo szeregu sukcesów w stosowaniu tej metody w dalszym ciągu trwają poszukiwania techniki, której zastosowanie pozwoliłoby na bardziej szczegółową analizę i interpretację czynników kształtujących dane środowisko. Ostatnio P. M. Mather (33) zastosował dla 100 próbek późnowirskich osadów fluwiołacyjnych dla sposobu Q procedurę przekątnej rotacji i rotacji promaks (promax rotation).

W rodzimej literaturze geologicznej próby zastosowania analizy czynnikowej dla osadów klastycznych dotyczą, jak dotychczas jedynie sposobu  $R^5$  użytego dla glin zwałowych; prób takich dokonali: I. Wiatr, (63, 64), jako metody badania układu strukturalnego cech fizycznych gliny zwałowej zlodowacenia środkowopolskiego z rejonu Turka, N. Lipińska (27, 29, 30) podobnie, lecz dla górnych poziomów glin zlodowacenia bałtyckiego z rejonu m. Szczecina i okolic oraz dla regionalizacji glin zlodowacenia środkowopolskiego i bałtyckiego na Niżu Polskim — W. C. Kowalski i A. Kowalski, (22, 23).

Należy jeszcze szczególnie podkreślić warunki stosowania i interpretacji wymienionych tu metod z grupy III dla celów geologicznych, na co wyraźnie wskazują m.in.: I. Wiatr, P. Stenzel, A. Kowalski (68—71), M. K. Rajecki i in. (45).

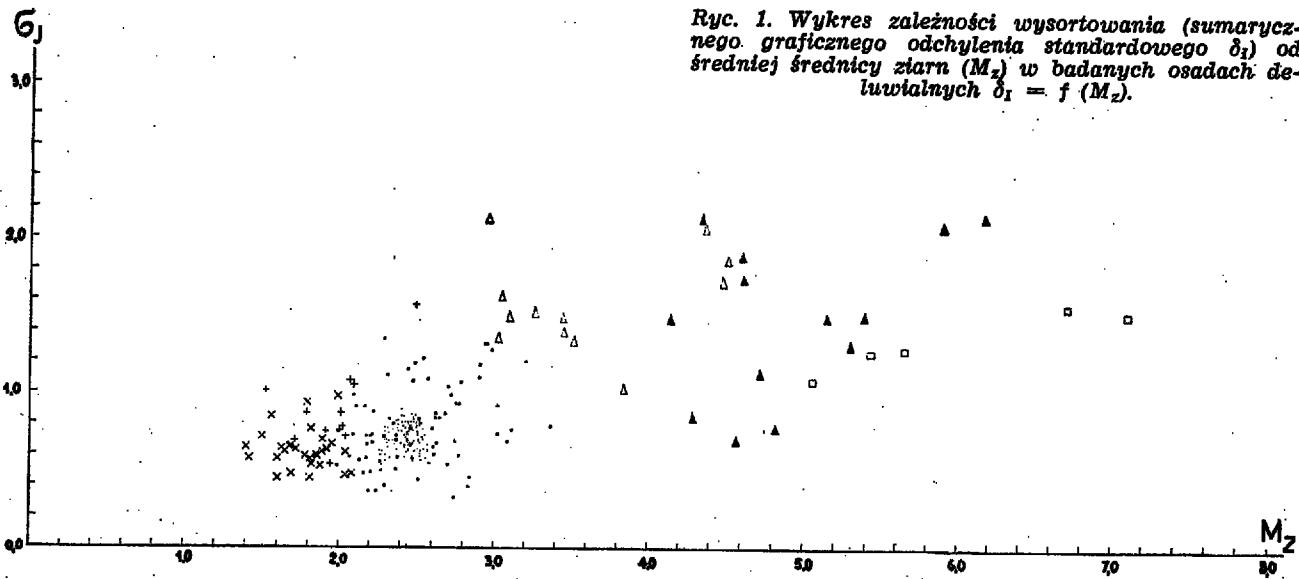
#### KRYTYCZNA ANALIZA METOD INTERPRETACJI GENEZY OSADÓW W OPARCIU O ICH STATYSTYCZNE WSKAŹNIKI UZIARNIENIA

Dla sprawdzenia przydatności metod interpretacji genetycznej na podstawie uziarnienia osadów, autor oparł się na własnych wynikach badań sedimentologicznych osadów deluwialnych obszaru NE mezozoicznego obrzeżenia Gór Świętokrzyskich (50, 51). Charakterystykę uziarnienia tych osadów oparto na 140 próbkach. Podstawą dla badań były jednolicie pobrane próbki punktowe z poszczególnych lam i warstw budujących osady deluwialne. Nawiązano w ten sposób do drobnowarstwowanej, charakterystycznej tekstury tych osadów. Szczegółową analizę strukturalną badanych osadów oparto na 16 frakcjach elementarnych wydzielonych za pomocą analizy sitowej (czas przesiewu 20—30 min.) na sitach produkcji NRD o wymiarach oczek: 2 mm; 1,5; 1,0; 0,75; 0,6; 0,5; 0,4; 0,25; 0,20; 0,15; 0,12; 0,10; 0,075; 0,063; 0,05 mm oraz na 3 dalszych frakcjach elementarnych o wymiarach cząstek 0,01; 0,002 i poniżej, określonych za pomocą analizy areometrycznej.

Wyniki uziarnienia opracowano jednolitą metodą, adoptowaną z literatury amerykańskiej, w jednostkach skali phi, szczegółowo omówionej we wcześniejszej pracy (49). Wszystkie statystyczne wskaźniki uziarnienia badanych osadów według wzorów podanych przez J. Stochlaka (49 — tab. I, str. 129) zostały wyliczone na e.m.c. typu GIER na podstawie programu opracowanego w 1970 r. przez mgr L. Tabor z PPG w Warszawie. Przy graficznym opracowaniu krzywych kumulacyjnych stosowano, jedynie słuszną dla tych celów, tzw. granulometryczną siatkę prawdopodobieństwa. Celowość i uzasadnienie stosowania takiego sposobu przedstawiania wyników uziarnienia była kilkakrotnie podnoszona w literaturze przez m.in. R. L. Folka\*, J. Stochlaka (49 — ryc. str. 132), M. Grzegorzycyka (17).

<sup>5</sup> Przy tym sposobie w Polsce zastosowano metodę Hotelinga, a dla ułatwienia interpretacji wyników analizy czynnikowej sposób R wykorzystano rotację ortogonalną z metodą warimax.

\* Program rotacja ortogonalna dla e.m.c. ODRA 1204 opracowała K. Uścińska (59).

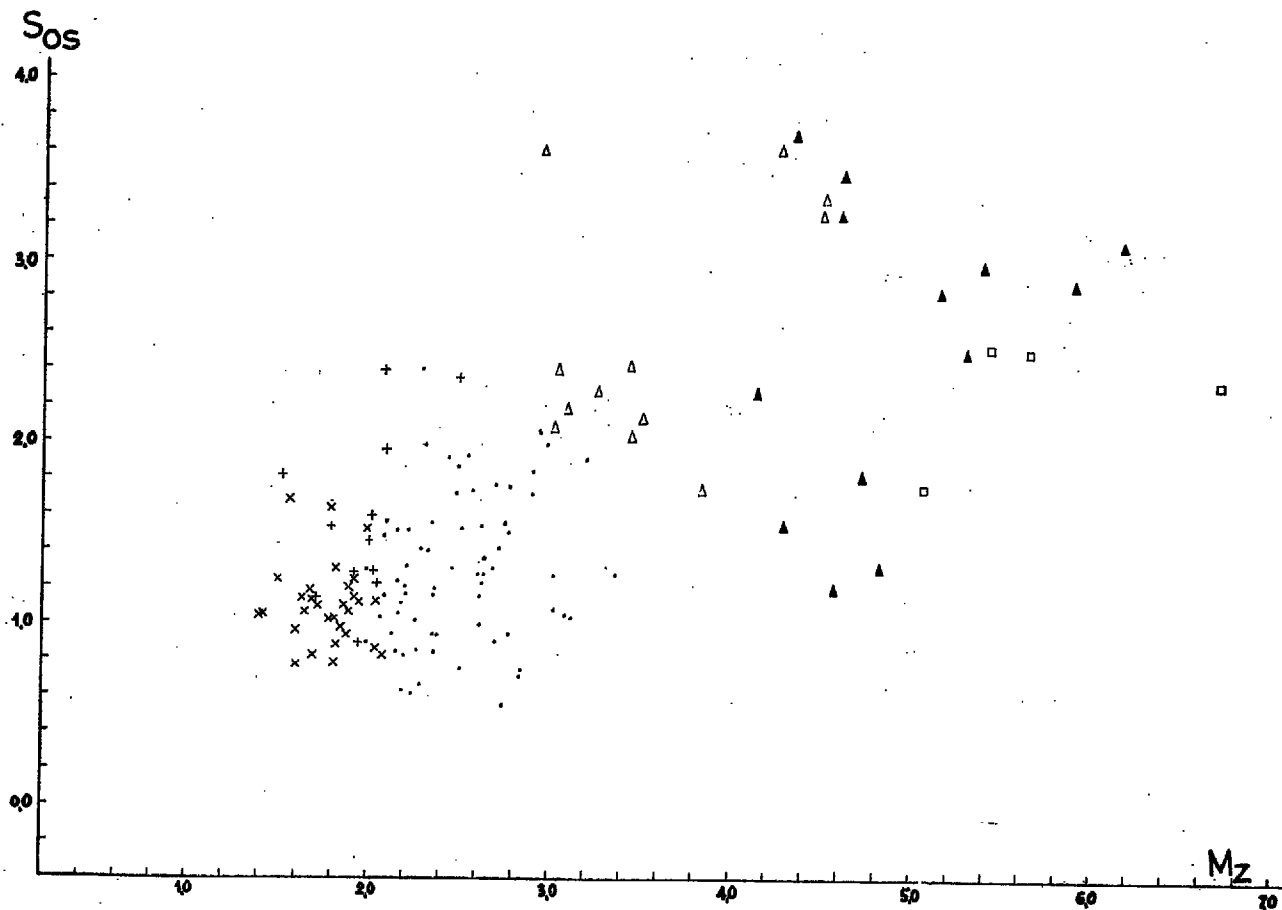


Ryc. 1. Wykres zależności wysortowania (sumarycznego graficznego odchylenia standardowego  $\delta_1$ ) od średniej średnicy ziarn ( $M_2$ ) w badanych osadach deluwialnych  $\delta_1 = f(M_2)$ .

Typ — piaski deluwialne, podtypy: • deluwialne piaski drobnoziarniste, X deluwialne piaski średnioziarniste, + deluwialne piaski niejednorodne. Typ pośredni, podtypy: Δ deluwialne piaski pylaste, ▲ deluwialne pyły piaszczyste. Typ — pyły deluwialne, podtypy: □ deluwialne pyły, X deluwialne pyły ilaste.

Fig. 1. Dependence of sorting (inclusive graphic standard deviation,  $\delta_1$ ) on mean grain size ( $M_2$ ) for deluvial deposits;  $\delta_1 = f(M_2)$ .

Type — deluvial sands; subtypes: • fine-grained sands, X medium-grained sands, + unsorted (mixed) sands. Transitional type; subtypes: Δ silty sands, ▲ sandy silts. Type — deluvial silts; subtypes: □ silts, X clayey silts.



Ryc. 2. Wykres zależności prostej miary wysortowania ( $S_{0s}$ ) od średniej średnicy ziarn ( $M_2$ ) w badanych osadach deluwialnych  $S_{0s} = f(M_2)$ . Objasnienia jak na ryc. 1.

Fig. 2. Dependence of simple sorting measure ( $S_{0s}$ ) on mean grain size ( $M_2$ ) for deluvial deposits;  $S_{0s} = f(M_2)$ . Explanations as in Fig. 1.

Dla charakterystyki osadów deluwialnych, badanych po raz pierwszy w podobnej formie i zakresie, zastosowano wiele metod badawczych z przedstawionego powyżej przeglądu. Z braku miejsca omówiono tu jedynie: 1) metodę porównywania statystycznych wskaźników uziarnienia — najpowszechniej stosowaną w literaturze metodę oraz 2) metodę D. J. Doeglasy (8) — ostatnio wprowadzoną dla celów interpretacji genezy osadów.

Metody z grupy drugiej (m. in. R. Passegi — 39, G. S. Vishera — 61) oraz sprawdzenie przydatności którejs z metod modelowania statystycznego dla interpretacji genezy osadów deluwialnych bądź dla wychwycenia cech diagnostycznych tych osadów będą przedmiotem odrębnych publikacji.

#### METODA PORÓWNYWANIA STATYSTYCZNYCH WSKAŹNIKÓW UZIARNIENIA

Wyniki przedstawiono w przyjmowanym już niemal powszechnie w literaturze za R. L. Folkiem i W. C. Wardem \* układzie: 1)  $\sigma_1 = f(M_2)$ ; 2)  $Sk_I = f(M_2)$ ; 3)  $K_G = f(M_2)$ ; 4)  $\sigma_1 = f(Sk_I)$ ; 5)  $K_G = f(\sigma_1)$ ; 6)  $K_G = f(Sk_I)$  oraz dodatkowo dla niedawno wprowadzonych przez G. M. Friedmana \* nowych wskaźników prostej miary wysortowania  $So_2$  i prostej miary skośnej  $a_2$  w układzie  $So_2 = f(M_2)$ ,  $a_2 = f(M_2)$  i  $a_2 = f(So_2)$ , zarazem dublujących w pewnym sensie układ 1), 2) i 4). Z uwagi na brak miejsca podano tu przykładowo jedynie wykresy dotyczące zależności  $\sigma_1 = f(M_2)$  (ryc. 1),  $So_2 = f(M_2)$  (ryc. 2) oraz  $a_2 = f(So_2)$  (ryc. 3). Pozostałe wykresy wraz z ich analizą zawarte są we wcześniejszej pracy autora (50).

Analiza wymienionych 9 wykresów wykazuje ogólnie duże rozproszenie punktów obrazujących wzajemne zależności pomiędzy wymienionymi wskaźnikami uziarnienia osadów deluwialnych. Skrócone uwagi co do tych wykresów można sprowadzić do następujących sformułowań.

1. Przykładowo prezentowane wykresy dla osadów deluwialnych przedstawione na ryc. 1 i 2 wykazują charakterystyczny układ pomiędzy średnią wielkością ziarn a wysortowaniem, wyrażonych przez  $M_2$  i  $\sigma_1$ . Obraz, który powstaje można opisać w postaci sinusoidy, zaś w obrębie typu piasków deluwialnych bardziej przypomina on swym kształtem odwróconą literę M lub jej fragment. Taki obraz ma swoje uzasadnienie, przede wszystkim w charakterze (pulsacyjnym) dominującego procesu akumulacyjnego dany osad, zaś w dalszej kolejności — związany jest z szerokim zakresem wielkości ziarn. Podobny kształt pomiędzy średnią  $M_2$  a wysortowaniem wykazywali już wcześniej jako pierwsi: R. L. Folk i W. C. Ward \* dla osadów rzecznych oraz R. L. Folk i R. Robles (10) dla węglanowych piasków plażowych.

Porównanie analogicznych merytorycznie wskaźników, ale inaczej wyrażonych, czy obliczonych np.

$$Md_{\phi} \text{ i } PD_{\phi} \quad PD_{\phi} = \frac{P_{90\phi} - P_{10\phi}}{2} \text{ czy } Md \text{ a } \sigma_1 \text{ itp.}$$

daje inny typ wykresów, np. prostoliniowych (por. J. G. Griffiths — 15) bądź nieliniowych. Przykładem tego ostatniego jest uogólniony przez J. G. Griffithsa (16) wykres zależności między  $Md_{\phi}$  a  $PD_{\phi}$  dla różnogenetycznych osadów klastycznych, który przypomina dwugarbny wykres z punktami pikowymi (przełubowymi) o wartościach: 2,2  $\phi$ ; 2,8  $\phi$  i 3,4  $\phi$  dla odpowiednich osadów (por. fig. 15.1 J. G. Griffiths — 16). Wykresy przedstawione na ryc. 1 i 2 również można by opisywać inaczej niż to proponują R. L.

7 Prawidłowa postać wzoru na  $Sk_I$  brzmi

$$Sk_I = \frac{\phi_{16} + \phi_{24} + 2\phi_{30}}{2(\phi_{94} - \phi_{16})} + \frac{\phi_5 + \phi_{95} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{95} - \phi_5)}$$

(por. errata, Prz. geol. 1968, nr 5 str. 220)

Folk i W. C. Ward, czy J. G. Griffiths, np. w postaci krzywych typu nieregularnej paraboli. Jednak poprowadzenie sensownej funkcji opisującej prezentowane wykresy i ich uogólnienie jest kwestią dalszych prób, gdyż analizowanie tych wykresów dla poszczególnych facji kontynentalnych, osadów klastycznych ciągle wprowadza uzupełnienia, czy nawet zasadnicze zmiany do obrazu już istniejącego;

2. Sądząc z wnikliwych rozważań R. L. Folka i W. C. Warda \* nad charakterem poszczególnych wykresów, a m. in. nad zależnością pomiędzy  $\sigma_1$  a  $M_2$ , wyrazistość tego (oraz innych) wykresu zależy będzie od wysortowania osadów (podkreślenie J. S.). Jeżeli np. osady we wszystkich frakcjach będą dobrze wysortowane, to związek wysortowania z wielkością średniej średnicy może być słabiej widoczny. Wydaje się, że taką sytuację można odnieść do badanych osadów deluwialnych, a przede wszystkim do typu piasków deluwialnych, szczególnie do podtypu deluwialnych piasków średnioziarnistych;

3. Porównanie wykresów na ryc. 1 i 2 wykazuje różnice polegające np. na mniejszym rozrzucie w przypadku ryc. 2, co świadczyłoby o większej czułości wskaźnika  $So_2$  (G. M. Friedmana \*) niż  $\sigma_1$  (R. L. Folka i W. C. Warda \*);

4. W obrębie samych piasków deluwialnych stwierdzono największą koncentrację wśród deluwialnych piasków średnioziarnistych oraz mniejsze różnicowanie wartości statystycznych wskaźników uziarnienia w porównaniu z innymi podtypami, czy nawet typami. Ten charakterystyczny fakt stwierdzony na przykładzie osadów deluwialnych wydaje się niemalże regułą stwierdzoną wśród średnioziarnistych piasków, genetycznie odmiennych osadów;

5. Na wykresie według G. M. Friedmana \* (fig. 15, str. 340 i Fig. 18, str. 342) (ryc. 3), różnicującym osady pochodzące ze środowiska plażowego (na lewo od linii przerywanej) od osadów środowiska rzecznoego, stwierdzono występowanie ok. 15% próbek w polu osadów plażowych. Ze względu na zupełnie odmienny od deluwialnego charakter procesu depozycyjnego stwierdzenie tego faktu świadczy może o nieprecyzyjnym przebiegu linii różnicującej przytoczone przez G. M. Friedmana środowiska. Pokrywanie się, na wspomnianym diagramie Friedmana, osadów deluwialnych z osadami rzecznoymi, z uwagi na zbliżony charakter procesu, należy uznać za prawidłowy, powinno się jednak zmienić nazwę tego pola na bardziej ogólną, np. jako obszar liniowej akumulacji wodnej.

#### METODA D. J. DOEGLASA

Metoda ta polega na użyciu trzech ( $Q_1$   $Md$   $Q_3$ ) bądź pięciu ( $\Phi_1$   $Q_1$   $Md$   $Q_3$   $\Phi_{95}$ ) parametrów uziarnienia — odczytanych z granulometrycznej siatki prawdopodobieństwa wyłącznie w jednostkach  $\phi$  i wyrażonych w postaci liczb całkowitych, np. 232 lub 12325 dla celów wyróżniania odmiennych środowisk sedymentacyjnych. Zaprezentowana ostatnio przez D. J. Doeglasy (8) metoda oparta została na wynikach badań dla 1097 próbek osadów z 11 środowisk sedymentacyjnych, zawierających w tym m. in.: środowiska rzeczne, eoliczne (wydmowe, lessy i piaski pokrywowe z Holandii), glacialne, plażowe. Chęć zorientowania się, jak w proponowanym przez D. J. Doeglasy (8) układzie będą prezentowały się osady nie zbadanego jeszcze w ten sposób środowiska sedymentacyjnego — deluwialnego, stanowiła główną zachętę zastosowania tej metody. Zasady stosowania, łącznie z nieujawnionymi do końca przez D. J. Doeglasy szczegółami metodycznymi, które należy uwzględnić przy opracowaniu wyników tą metodą zostały szeroko omówione we wcześniejszej pracy autora (50) oraz ostatnio w sposób niepełny w pracy C. Radłowskiej i E. Mycielskiej-Dowgiałło (44).

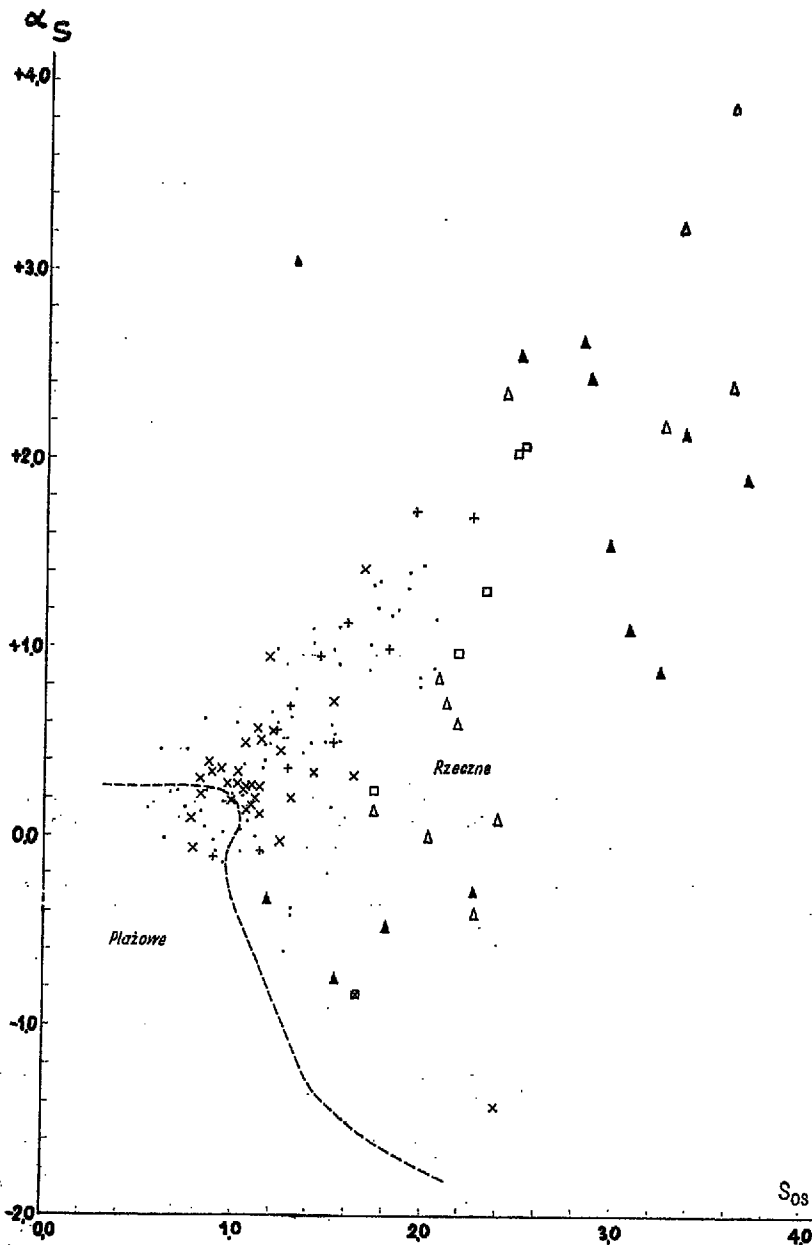
Zestawienie uzyskanych wyników badań dla wymienionych środowisk sedymentacyjnych w postaci 5-cyfrowych wskaźników o medianach od 1 do 9  $\phi$  zawarte jest w innej pracy autora (50). Ryc. 4 obrazuje przykład zastosowania metody Doeglasy dla wybranego zapisu przy medianie 2.

Ryc. 3. Wykres zależności prostej miary skośności ( $a_s$ ) od prostej miary wysortowania ( $S_{0s}$ ) w badanych osadach deluwialnych.  $a_s = f(S_{0s})$ .  
Objasnienia jak na ryc. 1.

--- linia rozdzielająca środowiska (wg G. M. Friedmana, 1967).

Fig. 3. Dependence of simple skewness measure ( $a_s$ ) on simple sorting measure ( $S_{0s}$ ) for deluvial deposits;  $a_s = f(S_{0s})$ . Explanations as in Fig. 1.

--- line separating environments (after G. M. Friedman, 1967).



Najbardziej charakterystyczne wskaźniki dla badanych osadów deluwialnych przedstawiają się następująco:

- dla mediany 2 — 12224, 12234, 12235,
- dla mediany 3 — 12334, 12335, 12336, 22334, 12346, 12350, 13335, 23345,
- dla mediany 4 — 13456,
- dla mediany 5 — 23560, 24560, 35560,
- dla mediany 6 — 35670, 45670.

W szeregu pól zapisu metody D. J. Doeglasa stwierdzono pokrywanie się osadów deluwialnych z osadami rzecznyymi i proluwialnymi (np. dla mediany 2 zapis: 12224, 12224, 12234, 12235; dla mediany 3 zapis np. 12335, dla mediany 5 zapis 24550), czy eolicznymi-wydmowymi — dla mediany 2 zapis: 12224, 12235, 12236 bądź lessami, dla mediany 6 zapis 25670.

W świetle powyższej metody okazuje się, że badane osady deluwialne wykazują częściowo duże podobieństwo do osadów innych środowisk sedymentacyjnych, a przede wszystkim do rzecznych i eolicznego. W sumie za wcześniej jest jeszcze na podsumowanie, przy czym wydaje się, że metoda D. J. Doeglasa (8) nie wnosi, poza innym, nowym sposobem

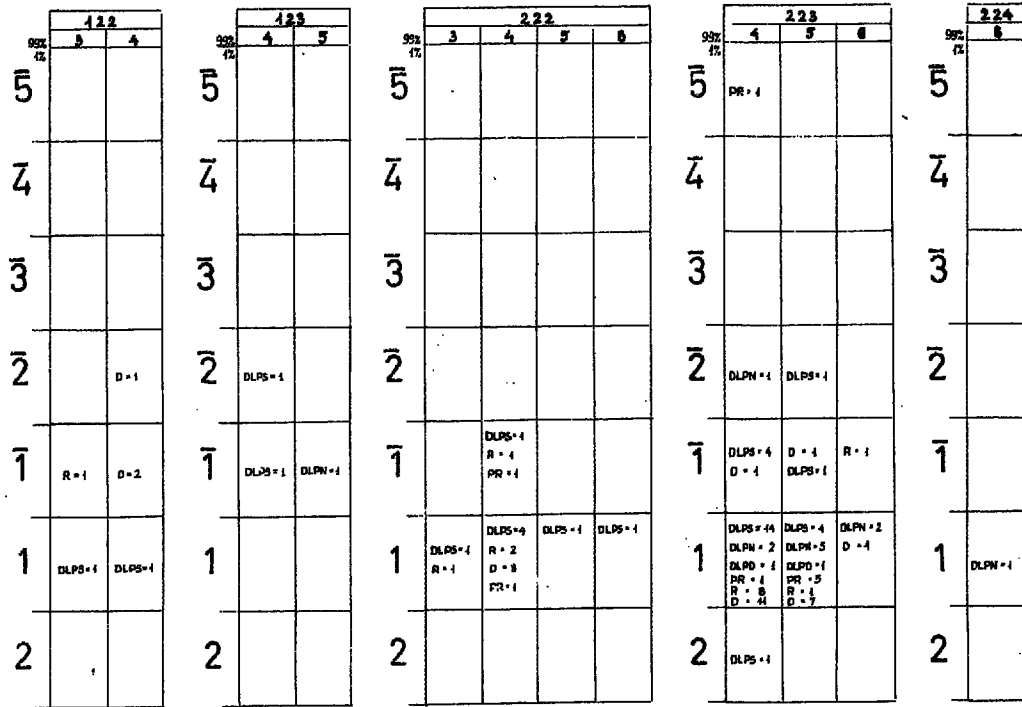
zapisu krzywej kumulacyjnej, głównych, diagnostycznych momentów do problemu interpretacji genetycznej osadów klastycznych w oparciu o ich uziarnienie. Ponadto przy dużej ilości próbek proponowany zapis i sposób przedstawienia według tej metody jest mało przejrzyste.

Z przeprowadzonej powyżej analizy wypływają stwierdzenia:

1. Przeanalizowane metody interpretacji genetycznej osadów stosowane w literaturze nie są w stanie wyodrębnić osadów deluwialnych spośród osadów innych środowisk sedymentacyjnych, co z racji, iż osady deluwialne stanowią odrębną, samodzielną grupę kontynentalnych osadów potwierdza wypowiedziana już wcześniej teza, że metody te nie są uniwersalne.

2. Metoda proponowana przez G. M. Friedmana\* dla odróżniania osadów plażowych i rzecznych nie zdaje w pełni egzaminu, gdyż część osadów deluwialnych wchodzi w pole tak niepodobnego środowiska jak plaża; z kolei fakt, że większość próbek osadów deluwialnych wypada w polu osadów rzecznych wskazuje, że nazwę tego pola należy zmienić, rozszerzając ją na pole osadów cieków powierzchniowych (liniowo i powierzchniowo płynących). Do podobnych wniosków o nieuniwersalności zastosowania szeregu metod

## MEDIANA 2



Ryc. 4. Uziarnienie osadów deluwialnych i innych środowisk sedymentacyjnych wyrażone w postaci 5-cyfrowych wskaźników wg metody D. J. Doeglasa. 1968.

DL — deluwia, DLPS — deluwialne piaski drobnziarniste, DLPS — deluwialne piaski średnziarniste, DLPN — deluwialne piaski różnziarniste, D — wydmy, R — rzeczne, PR — proluwia. Cyfry oznaczają ilość próbek.

Fig. 4. Grain-size distribution of deposits from deluvial and other sedimentary environments expressed in the form of five-digit indices (method of D. J. Doeglas, 1968).

DL — deluvial deposits, DLPS — fine-grained deluvial sands, PLPS — medium-grained deluvial sands, PLPN — unsorted (mixed) deluvial sands, D — dune sands, R — river sands, PR — proluvia. Numbers represent number of samples.

doszli: m. in. J. T. Solohub i J. E. Klowan (47), G. S. Visser (61, 62) czy A. T. Buller i J. McManus (4). Pierwsi autorzy wykazali to m. in. w odniesieniu zarówno do metody momentów G. M. Friedmana (12), czy też szeregu funkcji wyróżniających osady środowiska plażowego, rzecznoego, eolicznego i jeziornego podanych przez B. K. Sahu\*. Ostatnio z krytyką metody momentów wystąpili A. T. Buller i J. McManus (4).

3. Metoda D. J. Doeglasa stanowi tylko uproszczony, w nowej „informatycznej” formie, przedstawiony zapis krzywej kumulacyjnej i może być traktowana jako pozwalająca wyodrębnić (prawidłowo zaseregować) różnogenetyczne osady, w tym również osady deluwialne.

### PRZYCZYNY NIEJEDNOZNACZNOŚCI INTERPRETACJI GENEZY OSADÓW NA PODSTAWIE UZIARNIENIA

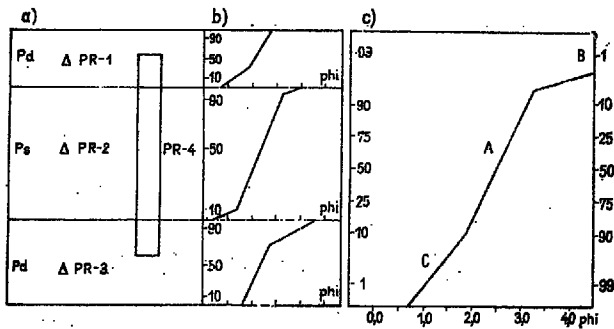
Pozornie negatywne wnioski wynikające z analizy zawartej w poprzednim rozdziale nie podważają bynajmniej celowości obliczania statystycznych wskaźników uziarnienia jako parametrów podstawowych. Wręcz przeciwnie autor wyraża frontalne poparcie dla stosowania metod analizy granulometrycznej, jako podstawowej, ilościowej, a więc obiektywnej charakterystyki struktury osadu i dynamiki środowiska sedymentacyjnego.

Właśnie z tego względu negatywne wnioski wymagają analizy i prowokują do szukania przyczyn takiego stanu rzeczy (52). Jest sprawą oczywistą, że aby scharakteryzować środowisko sedymentacji wybranego osadu, należy uwzględnić nie tylko skład granulometryczny, ale szereg czynników naturalnych i sztucznych, które mogą wpływać na uzyskany wynik uziarnienia.

Liczne badania wykazują, że w większości przypadków właśnie miejscowe warunki sedymentacji odgrywają decydującą rolę i stąd też jednakowe, pod względem facjalnym, osady z różnych regionów mogą posiadać różny skład granulometryczny. Jak podaje np. W. N. Szwanow (53) porównanie wyników badań piasków eolicznych i rzecznych z różnych obszarów ZSRR wykazało, że osady różne facjalnie, ale zbliżone pod względem warunków występowania, mniej różnią się między sobą niż osady zbliżone facjalnie, lecz występujące w różnych miejscach. Znajduje tu odzwierciedlenie wpływ zespołu czynników naturalnych takich, jak: skład skał macierzystych i inne warunki miejscowe, które zdaniem W. N. Szwanowa dla uziarnienia osadów eolicznych mają decydujący wpływ, a nie np. wspólna dla wszystkich obróbka eoliczna, jak to jest powszechnie przyjmowane. Generalnie wpływ czynników naturalnych przy interpretacji krzywych kumulacyjnych jest częściej uwzględniony niż wpływ czynników sztucznych. Dlatego też wydaje się bardziej celowe zwrócenie szczególnej uwagi na te ostatnie.

Badania autora wykazują, że szczególnie ważnym czynnikiem kształtującym uzyskany obraz krzywej kumulacyjnej jest technika pobierania próbek (por. m. in. J. G. Griffiths, 16; J. Müller, 37; K. H. Sindowski\*; J. Stochlakt, 50, 52), problemem jak dotychczas raczej marginesowo traktowany w literaturze przedmiotu.

Pobieranie próbek dla charakterystyki uziarnienia osadów wydaje się jedną z najprostszych operacji w trakcie badań terenowych. Inaczej przedstawia się ona w przypadku osadów warstwowych, a zwłaszcza gdy poszczególne jednostki sedymentacyjne są niewielkiej miąższości, rzędu 1 cm i poniżej. Dotychczasowa praktyka wykazuje, że próbki do badań



Ryc. 5. Schemat ideowy wyjaśniający wpływ sposobu pobierania próbek na obraz krzywej kumulacyjnej.

a — jednostki sedymentacyjne, b — cząstkowe krzywe kumulacyjne (dla pojedynczych jednostek), c — sumaryczna krzywa kumulacyjna z 3 jednostek,  $\Delta$  PR-1 — próbki punktowe,  $\square$  PR-4 — próbka bruzdowa (standardowa), Pd — piasek drobnoziarnisty, Ps — piasek średnioziarnisty, A, B, C — populacje ziarn.

Fig. 5. Scheme showing effect of sampling technique on shape of cumulative curve.

a — sedimentary units, b — partial cumulative curves for single units, c — cumulative curves for three units,  $\Delta$  PR-1 — point samples,  $\square$  PR-4 — furrow (standard) sample, Pd — fine-grained sand, Ps — medium-grained sands, A, B and C — grain populations (sensu Moss, 1962, 1963).

uziarnienia najczęściej są pobierane bruzdowo, przy czym miejsce pobierania ich w terenie oraz „wysokość” (miąższość) próbki bruzdowej są w zasadzie przypadkowe. Próbką bruzdowa rzadko kiedy posiada cechy próbki reprezentatywnej dla danego środowiska.

W badaniach sedymentologicznych stosowany jest również inny, choć znacznie rzadziej, sposób pobierania próbek punktowych odnoszących się do jednostek sedymentacyjnych rozumianych tu w sensie G. H. Otto (38), a więc jako nagromadzenie osadu złożone w zasadniczo stałych warunkach fizycznych, tj. w trakcie jednego aktu depozycyjnego. Należy sobie zdawać wyraźnie sprawę z faktu, że choć kształt krzywych kumulacyjnych uziarnienia może być w obu przypadkach zbliżony bądź nawet wręcz identyczny, to statystyczne wskaźniki uziarnienia będą się różniły w sposób zasadniczy.

Jak wykazały badania m. in. A. J. Mossa (35), D. W. Spencera, W. F. Tannera \* większość krzywych kumulacyjnych uziarnienia osadów klastycznych osadzanych przez wodę nie jest homogeniczna, lecz stanowi mieszaninę, zmiennej ilości, najczęściej 3 populacji cząstek, nazwanych przez A. J. Mossa (35) populacjami A, B i C (subpopulacje wg F. M. Franka i G. M. Friedmana — 11). Populacje te należy wiązać z określonym mechanizmem działania różnych typów transportu. Populacja A, jako główna część zdecydowanej większości osadów związana jest z transportem ziarn drogą saltacji. Populacja B wiąże się z transportem w postaci zawiesiny. Występuje ona jedynie wspólnie z populacją A i według Mossa jest wyraźnie diagnostyczna dla osadów transportowanych przez prądy. Populacja C, reprezentująca najgrubszą część osadów również nie występuje sama, lecz jedynie wspólnie z populacją A, a często także z populacją B. Procesy związane z tworzeniem tej populacji, to toczenie i ślizganie, przy czym według A. J. Mossa jest ono zazwyczaj częstsze od ślizgania. Ponadto te wydzielone populacje można traktować jako samodzielne zbiory ziarn o właściwych tylko dla nich medianach i innych statystycznych wskaźnikach uziarnienia.

Ważne jest, że stopień wysortowania tych populacji, traktowanych jako samodzielne zbiory, jest znacznie lepszy niż wartości wysortowania uzyskane z krzywej kumulacyjnej sumarycznej wykreślonej dla próbki bruzdowej (ryc. 5). Inaczej mówiąc stopień wysortowania próbek punktowych z jednostek sedy-

mentacyjnych jest znacznie lepszy od wysortowania dla próbek bruzdowych. Poza tym próbki punktowe będą charakteryzowały się na ogół mniejszym udziałem populacji gruboziarnistej C i mniejszym lub większym udziałem populacji zawieszinowej B.

Zagadnienie związku statystycznych wskaźników uziarnienia z rodzajem pobieranych próbek było m. in. przedmiotem badań E. Walgera (63). Według niego średnia średnica ziarn (mediana) i stopień wysortowania osadów w obrębie jednostki sedymentacyjnej (a więc dla próbki punktowej) związane są zależnością funkcyjną niezależną od środowiska sedymentacji, a więc nie posiadającą wymowy genetycznej. Wymowy takiej dostarczają dopiero próbki bruzdowe, dla których według niego, przy założeniu jednolitości pobierania próbek, funkcja pomiędzy medianą a stopniem wysortowania jest zależna od środowiska sedymentacji. W funkcji tej, jak podkreśla E. Walger mieści się jednakże ogólna zależność pomiędzy medianą a stopniem wysortowania jednostki sedymentacyjnej, która, co jest szczególnie ważne, musi być uwzględniona przy interpretacji genetycznej osadów w oparciu o uziarnienie.

Z powyższych rozważań wyłaniają się określone wnioski:

1. W celu uzyskania możliwości interpretacji genezy osadów na podstawie uziarnienia musi być każdorazowo podana technika pobierania próbek.

2. Należy dążyć do tego, aby warstwowane osady klastyczne charakteryzowane były przez reprezentatywne próbki bruzdowe, jak i punktowe<sup>8</sup>, przy czym te ostatnie są konieczne dla jednoznaczności interpretacji genetycznej osadów.

Natychmiast wyłania się problem — jakie istnieją możliwości pobierania próbek punktowych i co należy rozumieć przez sformułowanie „reprezentatywność próbki” w stosunku do kompleksu czy środowiska, z którego ona pochodzi. Próbką pobrana z kompleksu o budowie złożonej może być reprezentatywna dla niego jedynie wtedy, gdy zawiera w sobie bądź:

- wszystkie jednostki, wchodzące w skład badanego kompleksu i to w odpowiednich proporcjach;
- gdy reprezentuje ściśle określoną i tylko tę jednostkę sedymentacyjną.

W drugim przypadku opróbowanie sprowadza się do pobierania szeregu próbek punktowych, ale tak, aby charakteryzowały one przynajmniej wszystkie struktury (typy granulometryczne) i tekstury pojedynczych jednostek sedymentacyjnych. Reprezentatywność w wymienionym rozumieniu jest praktycznie biorąc makorealna. W związku z tym pojęcie reprezentatywności ze względów praktycznych należy zawęzić i rozumieć następująco.

Standardowe (bruzdowe) próbki powinny być pobrane w odpowiedniej ilości ze wszystkich wyraźnie różniących się strukturalnie warstw lub zespołu warstw, z obserwowanych różnych typów granulometrycznych oraz ze wszystkich typów tekstur sedymentacyjnych. Wynika stąd, że dla poszczególnych grup genetycznych osadów czy też facji, lub subfacji wyróżnianych w ich (grup) obrębie wielkość i ilość próbek reprezentatywnych powinna być różna. Należy tu dodać, że dla celów uogólnień regionalnych czy ponadregionalnych odrębnych grup lub facji osadów genetycznych, przy zastosowaniu metod statystycznych, konieczna jest co najmniej ilość 30 próbek osadów.

Rozważania powyżej poczynione należy traktować jako zasygnalizowanie bardzo ważnego problemu — techniki pobierania próbek do badań uziarnienia. Chociaż spełnienie podniesionych tu uwag jest bardzo uciążliwe w realizacji, jednak problem ten należy absolutnie dostrzegać i podane wskazówki zacząć stosować przy opróbowaniu osadów klastycznych na szerszą skalę niż to obecnie ma miejsce.

\* Wg E. Walgera (63) sprawdzianem punktowego pobierania próbek jest charakterystyczny, w postaci krzywej parabolicznej, układ wykresu  $S_0 = f(Md)$  dla badanych próbek (E. Walger op. cit., fig. 6, str. 501).



Wymienione przy problematyce wpływu czynników sztucznych na kształt krzywych kumulacyjnych uziarnienia (a więc i w konsekwencji na interpretację genezy osadów) w pierwszej kolejności zagadnień związanych z techniką pobierania próbek nie wyczerpują tematu. Należy tu jeszcze wymienić co najmniej takie czynniki, jak: technikę wykonania analiz sitowych i brak w tym zakresie ujednoczonej metodyki oraz sposób graficznego przedstawiania i opracowania analiz sitowych.

Niewłaściwa technika wykonywania analiz sitowych może doprowadzić do błędnych wyników, jeżeli: 1) zestaw sit jest za mały, 2) sita nie są dobrane według określonej skali (np. Wentwortha, co  $1/4$  czy co  $1/2 \phi$ ). W pierwszym przypadku mogą zaniknąć bardzo charakterystyczne, według np.: G. S. Vishera (60, 61), R. Passegi i R. Byramje (41, 42), punkty przegięcia lub odpowiednie średnice mające według tych autorów wymowę genetyczną. W drugim przypadku istnieje niebezpieczeństwo, np. uzyskania nieprawdziwej, przypadkowej mediany (por. m. in. R. Więckowski — 72). Co do samego wykonania analiz sitowych idealnym rozwiązaniem byłoby stosowanie wagi sedymentacyjnej, a więc możliwość uzyskania ciągłego zapisu krzywej kumulacyjnej.

Odnosząc do sposobu graficznego przedstawiania wyników uziarnienia jako zasadę obowiązującą należy przyjąć łączenie poszczególnych punktów pomiarowych liniami prostymi (por. R. L. Folk\*, J. Stochlak — 49, ryc. str. 132, M. Grzegorzczak — 17). Zasada ta, szczególnie w przypadku stosowania tzw. granulometrycznej siatki prawdopodobieństwa, powinna być bezwarunkowo przestrzegana. Łączenie punktów linią wygładzoną prowadzi do błędnych statystycznych miar uziarnienia, szczególnie w tzw. ogonach krzywej, których znaczenia dla interpretacji genezy osadów klastycznych nie wolno pomijać (por. m. in. G. M. Friedman\*).

Zwrócenie uwagi na kilka zaledwie czynników naturalnych i sztucznych pozwala wnioskować, że interpretacja genetyczna osadów klastycznych na podstawie ich statystycznych wskaźników uziarnienia — stanowi problem, który można rozwiązać jedynie za pomocą metod kompleksowych. Uwzględniając zagadnienia związane z techniką pobierania próbek i ich dalszą obróbką w chwili obecnej, w uzyskaniu pozytywnych wyników w dziedzinie wykorzystania danych granulometrycznych największe nadzieje rokują stosowanie określonych technik modelowania statystycznego. Należą tu głównie: analiza wyróżniająca i czynnikowa. Jak dowiodła m. in., prace R. W. Tillmana (55, 56) pierwsza z nich może mieć w tym względzie większe znaczenie.

#### LITERATURA

- Balińska-Wuttke K. — Zastosowanie funkcji wyróżniającej w analizie porównawczej wybranych osadów sedymentacji eolicznej. Maszynopis. Problem węzłowy 06.1.1. Inst. Hydrogeol. i Geol. Inż. UW, Zakład Prac Geol. UW, Warszawa, 1971.
- Balińska-Wuttke K. — Application of discriminant function in comparative analysis of eolic sediments. *Biul. geol. UW*, 1973, t. 18.
- Beall A. O. Jr. — Textural differentiation within the fine sand grade. *Jour. Geol.*, 1970, vol. 78, nr 1.
- Buller A. T. and Mc Manus J. — Distinction among pyroclastic deposits from their grain-size frequency distributions. *Ibidem*, 1973, vol. 81, nr 1.
- Doeglas D. J. — Interpretation of the results of mechanical analysis. *Jour. Sed. Petrology*, 1946, vol. 16, nr 1.
- Doeglas D. J. — Recherches granulométriques aux Pays-Bas. In: „La Géologie des terrains récents dans l'Ouest de l'Europe”. Session Extraordinaire de Sociétés Belges de Géologie (19—28 septembre 1946). M. Hayez, Bruxelles, 1947.
- Doeglas D. J. — Die interpretatie van korrelgrootte-analysen. I—V. *Verh. Nederl. Geol. Mijnb. Genootsch.*, geol. ser. 15, s'-Gravenhage, 1949 bis 1955.
- Doeglas D. J. — Grain-size indices, classification and environment. *Sedimentology*, 1968, vol. 10, nr 2.
- Doeglas D. J. and Brezesinska Smithuysen W. C. — Die interpretatie van de resultaten van korrelgrootte-analysen. *Geol. en Mijnb.*, 1941, 3.
- Folk R. L. and Robles R. — Carbonate sands of Isla Perez, Alacran Reef Complex, Yucatan. *Jour. Geology*, 1964, vol. 72, nr 3.
- Frank W. M. and Friedman G. M. — Continental-shelf sediments off New Jersey. *Jour. Sed. Petrology*, 1973, vol. 43, nr 1.

- Friedman G. M. — Distinction between dune, beach and river sands from their textural characteristics. *Ibidem*, 1961, vol. 31, nr 4.
- Fuller A. O. — Size distribution characteristics of shallow marine sands from the Cape of Good Hope, South Africa. *Ibidem*, 1961, vol. 31, nr 2.
- Gilbert G. K. — The transportation of debris by running water. *U. S. Geol. Survey Prof. Paper* 86, 1914.
- Griffiths J. G. — Size versus sorting in some Caribbean sediments. *Jour. Geol.*, 1951, vol. 59, nr 3.
- Griffiths J. G. — Scientific method in analysis of sediments. McGraw-Hill Book Co. New York—St. Louis—San Francisco—Toronto—London—Sydney, 1967 (tł. ros. Issledowanija osadocznych porod. *Izd. „Mir”*, Moskwa, 1971).
- Grzegorzczak M. — Metody przedstawiania uziarnienia osadów. *Prace Kom. Geogr.-Geol. Pozn. Tow. Przyj. Nauk, Wydz. Mat.-Przyr.*, 1970, t. X, z. 2.
- Harding J. P. — The use of probability papers for the graphical analysis of polymodal frequency distributions. *Jour. Marine Biological Assoc. of the United Kingdom, New Series*, 1949, vol. 28.
- Harris S. A. — Probability curves and the recognition of adjustment to depositional environment. *Jour. Sed. Petrology*, 1958, vol. 28, nr 2.
- Harris S. A. — The mechanical composition of some intertidal sands. *Ibidem*, 1959, vol. 29, nr 3.
- Klovan J. E. — The use of factor analysis in determining depositional environments from grain, size distributions. *Ibidem*, 1966, vol. 36, nr 2.
- Kowalski W. C., Kowalski A. — Analiza czynnikowa — sposób R w zastosowaniu do środkowo- i północnopolskich glin zwałowych regionu warszawskiego, białostockiego i olsztyńsko-białostockiego. Maszynopis. Problem węzłowy 06.1.1. Zakład Prac Geol. UW, Warszawa, 1972.
- Kowalski W. C. and Kowalski A. — Regionalization of Polish Lowlands tills on the basis of comparative factor analysis of their physical properties. *Bull. Acad. Pol. Sc. géol. géogr.*, 1973, vol. XXI, nr 3.
- Krumbein W. C. and Aberdeen E. — The sediments of Barataria Bay. *Jour. Sed. Petrology*, 1937, vol. 7, nr 1.
- Lipińska N. — Zastosowanie funkcji wyróżniającej dla rozdzielenia dwu poziomów glin zwałowych z obszaru m. Szczecina i okolic. Maszynopis. Problem węzłowy 06.1.1. Inst. Hydrogeol. i Geol. Inż. UW, Zakład Prac Geol. UW, Warszawa, 1971.
- Lipińska N. — Funkcja wyróżniająca w analizie porównawczej glin zwałowych środkowopolskiego i północnopolskiego. Maszynopis referatu wygłoszonego 28 II 1973 r. na otwartym zebraniu naukowym Inst. Hydrogeol. i Geol. Inż. UW, Warszawa, 1972.
- Lipińska N. — Testowanie przydatności analizy czynnikowej sposób R do populacji geologicznej glin zwałowych z obszaru m. Szczecina i okolic. *Ibidem*, podtemat 04.3.07. Inst. Hydrogeol. i Geol. Inż. UW, 1972.
- Lipińska N. — Application of discriminant function for differentiating two horizons of boulder clays on the area of Szczecin and its vicinity. *Biul. geol. UW*, 1973, t. 16.
- Lipińska N. — Sprawdzenie przydatności analizy czynnikowej — sposób R do wyznaczenia czynników głównych i struktur ukrytych populacji geologicznych glin zwałowych. Maszynopis referatu wygłoszonego 4 IV 1973 r. na otwartym zebraniu naukowym Inst. Hydrogeol. i Geol. Inż. UW, Warszawa, 1973.
- Lipińska N. — Zastosowanie analizy czynnikowej sposób R do populacji geologicznej glin zwałowych z obszaru m. Szczecina i okolic. *Prz. geol.*, 1974 nr 3 (w druku).
- Liszkowski J., Stochlak J. — Rozprzestrzenienie i geneza trzeciorzędowych osadów glaukonitowych na obszarze NE obrzeżenia Gór Świętokrzyskich. *Ibidem*, 1969, nr 2.
- Mason C. C. and Folk R. L. — Differentiation of beach, dune and aeolian flat environment by size analysis. Mustang Island, Texas. *Jour. Sed. Petrology*, 1958, vol. 28, nr 2.
- Mather F. M. — Study of factors influencing variation in size characteristics of fluvio-glacial sediments. *Jour. Intern. Assoc. Math. Geol.*, 1972, vol. 4, nr 3.
- Moiola R. J. and Weiser D. — Textural parameters: an evaluation. *Jour. Sed. Petrology*, 1968, vol. 38, nr 1.
- Moss A. J. — The physical nature of common sandy and pebbly deposits. Part I. *Am. Jour. Sci.*, 1962, vol. 260, nr 5. Part II. *Ibidem*, 1963, vol. 261, nr 4.
- Musiał T. — Charakterystyka strukturalno-facjalna utworów piaszczystych miocenu południowego Rostocza oraz ocena ich gospodarczego wykorzystania. Maszynopis pracy doktorskiej. Bibl. Główna UW, Warszawa, 1971.
- Müller J. — Struktury eoliczne osadów piaszczystych z charakterystycznych obszarów wybrzeża Bałtyku i Polski centralnej. Maszynopis pracy doktorskiej. Bibl. Główna UW, Warszawa, 1969.
- Otto G. H. — The sedimentation unit and its use in field sampling. *Jour. Geol.*, 1938, vol. 46.
- Passega R. — Texture as characteristic of clastic deposition. *Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull.*, 1957, vol. 41, nr 9.
- Passega R. — Grain-size representation by CM patterns as a geological tool. *Jour. Sed. Petrology*, 1964, vol. 34, nr 4.
- Passega R. — Sediment sorting related to basin mobility and environment. *Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull.*, 1972, vol. 56, nr 12.
- Passega R. and Byramje R. — Grain-size image of clastic deposits. *Sedimentology*, 1969, vol. 12.



43. Pieczka F. — Wskaźniki lczbowe i graficzne struktury osadów okruhowych oraz reżymu hydrodynamicznego morskiego środowiska sedimentacyjnego. Zesz. Nauk. Pol. Gdańskiej nr 146, Budownictwo wodne, z. XIII, Gdańsk, 1969.
44. Radłowska C., Mycielska-Dowgiało E. — Uwagi o deklacji zachodniej części Gór Świętokrzyskich (w okolicach Chęcina). Prz. geogr. 1972, t. XLIV, z. 4.
45. Rajcecki M. K., Stenzel P. A., Kowalski A. C., Grzełak K. — Metody matematyczne i informatyka w geologii (zarys wiadomości podstawowych). Praca zbiorowa pod redakcją M. K. Rajceckiego. Wyd. Geol., Warszawa, 1973.
46. Rzechowski J. — Charakterystyka litofacyjna najważniejszych poziomów stratygraficznych mezoplejstocenu Niżu Polskiego. IG maszynopis, 1971.
47. Solohub J. T., Klován J. E. — Evaluation of grain-size parameters in lacustrine environments. Jour. Sed. Petrology, 1970, vol. 40, nr 1.
48. Stenzel P., Wuttke K. — Analiza dyskryminująca jako metoda klasyfikacji utworów eolicznych. Maszynopis referatu wygłoszonego 4 IV 1973 r. na otwartym zebraniu naukowym Inst. Hydrogeol. i Geol. Inż. UW, Warszawa, 1973.
49. Stochlak J. — Statystyczne wskaźniki uziarnienia gruntów pyłkich. Prz. geol., 1968, nr 3.
50. Stochlak J. — Wykształcenie i charakterystyka inżyniersko-geologiczna osadów deluwialnych na obszarze między dolinami dolnej Kamiennej i Zwolenki. Maszynopis pracy doktorskiej. Bibl. Główna UW, Warszawa, 1971.
51. Stochlak J. — Charakterystyka litologiczna osadów deluwialnych międzyrzecza Kamiennej i Zwolenki. Maszynopis referatu wygłoszonego 24 IV 1972 r. na otwartym zebraniu naukowym Inst. Hydrogeol. i Geol. Inż. UW, Warszawa, 1972.
52. Stochlak J. — Nowe metody interpretacji genezy osadów na podstawie ich uziarnienia. Maszynopis referatu wygłoszonego 28 V 1973 r. na otwartym zebraniu naukowym Inst. Hydrogeol. i Geol. Inż. UW, Warszawa, 1973.
53. Szwanow W. N. — Pieszczyne porody i metody ich izuczenia (rasprostranienie, struktury, tekstury). Izd. „Niedra” Leningr. otdiel. Leningrad, 1969.
54. Teofilak-Maliszewska A. — Petrografia osadów liasu na Niżu Polskim. Z badań petrograficzno-mineralogicznych i geochemicznych w Polsce, t. II. Biul. Inst. Geol. 207, 1967.
55. Tillman R. W. — Discriminant analysis versus factor analysis of grain-size data from different environments and sedimentary structures. Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull., 1970, str. 873.
56. Tillman R. W. — Sedimentary structures and discriminant analysis of textural characteristics of recent and ancient point bars. Ibidem, 1973, str. 808.
57. Udden J. A. — Mechanical composition of wind deposits. Augustana Libr. Publ. 1, 1896.
58. Uścińska K. — Funkcja wyróżniająca na e.m.c. Odra 1204. Bibl. Ośrodka Oblicz. PFG, Warszawa, 1970.
59. Uścińska K. — Program ROTACJA ORTOGONALNA. Ibidem, 1970b.
60. Visher G. S. — Fluvial processes as interpreted from ancient and recent fluvial deposit. In: Middleton G. V. (ed.) Primary sedimentary structures and their hydrodynamic interpretation. Soc. Econ. Paleontologists and Mineralogists, Spec. Publ. 1969, No. 12.
61. Visher G. S. — Grain size distributions and depositional processes. Jour. Sed. Petrology, 1969, vol. 39, nr 3.
62. Visher G. S. — Physical characteristics of fluvial deposits. In: Recognition of ancient sedimentary environments. Special Public. SEPM, 1972, No. 16.
63. Wałger E. — Die Korngrößenverteilung von Einzelagen sandiger Sedimente und genetische Bedeutung. Geol. Rundschau, 1961, Bd. 61, H. 2.
64. Wiatr I. — Model statystyczny wybranych cech środowiska inżyniersko-geologicznego kopalnych dolin Przykony i Małgorzaty w okolicy Turka. Maszynopis pracy doktorskiej. Bibl. Główna UW, Warszawa, 1971.
65. Wiatr I. — Analiza czynnikowa wybranych populacji geologicznych przedmiotowych i zdarzeniowych. Maszynopis. Problem węzłowy 06.1.1. Inst. Hydrogeol. i Geol. Inż. UW. Zakład Prac Inż. Geol. UW, Warszawa, 1971.
66. Wiatr I. — Analiza czynnikowa jako metoda badania struktury cech fizycznych glin zwalowych. Maszynopis referatu wygłoszonego 28 II 1972 r. na otwartym zebraniu naukowym Inst. Hydrogeol. i Geol. Inż. UW, Warszawa, 1972.
67. Wiatr I. — Factor analysis of selected event and subject geological populations. Biul. Geol. UW, 1973, t. 16 (w druku).
68. Wiatr I., Stenzel P. — Analiza czynnikowa — sposób R. Prz. geol., 1973, nr 1.
69. Wiatr I., Stenzel P., Kowalski A. — Metodyka zastosowania funkcji wyróżniającej w populacjach przedmiotowych. Maszynopis. Problem węzłowy 06.1.1. Inst. Hydrogeol. i Geol. Inż. UW. Zakład Prac Geol. UW, Warszawa, 1971.
70. Wiatr I., Stenzel P., Kowalski A. — Metodyka zastosowania analizy czynnikowej do badania układu strukturalnego cech fizycznych populacji geologicznych. Maszynopis. Ibidem, Warszawa, 1971.
71. Wiatr I., Stenzel P., Kowalski A. — Methodology of applications of certain techniques of statistical modelling in geology. Biul. Geol. UW, 1973, t. 16 (w druku).
72. Więckowski R. — Frakcja podstawowa w płaskach pochodzenia eolicznego. Ibidem, 1961, t. 1, cz. 1.
73. Wuttke K. — Analiza porównawcza wybranych osadów sedimentacji eolicznej. Maszynopis referatu wy-

- głoszonego 28 II 1972 r. na otwartym zebraniu naukowym Inst. Hydrogeol. i Geol. Inż. UW., Warszawa, 1972.
74. Wuttke K., Stenzel P. — Badanie przydatności rozdzielenia populacji metodą liniowej funkcji wyróżniającej (dyskryminującej) dla wybranych populacji geologicznych na przykładzie sedimentacji eolicznej. Maszynopis. Problem węzłowy 06.1.1. Inst. Hydrogeol. i Geol. Inż. UW. Zakład Prac Geol. UW, Warszawa, 1972.

## SUMMARY

Applicability of a number of methods of genetic interpretation of clastic deposits on the basis of their grain-size distribution is analysed. The analysis involved the results of studies of several hundred samples of continental, mainly deluvial deposits, e.g. deposits of surface wash (Stochlak, 1971).

Three groups of methods of genetic interpretation of deposits are distinguished, namely: (1) comparison of statistic indices of grain-size distribution, (2) visual comparison of cumulative curves of grain-size distribution, and (3) techniques of statistic modelling. Moreover, current trends in that discipline are analysed. Polish papers dealing with application of the third group methods to clastic deposits are briefly summarized.

The first group of methods, i.e. comparison of statistic indices of grain-size distribution, is analysed in detail. Particular attention is paid to methods proposed by G. M. Friedman (1967) and D. J. Doeglas (1968). The present studies are based on results of grain-size distribution analyses of populations of 140 samples of deluvial deposits from NE Mesozoic margins of the Świętokrzyskie Mts (Radom area, Central Poland). It was found that the above methods fail to separate the deluvial deposits from genetically different continental deposits.

Comparison of plots from Figures 1 and 2 shows that scattering is much smaller in the plot from the latter figure, which seems to indicate higher sensitivity of Simple Sorting Measure ( $S_{0.5}$  index; Friedman, 1967) than Inclusive Graphic Standard Deviation ( $\sigma_1$  index; Folk and Ward, 1957).

Textural parameter plots for environmental identification (Friedman, 1967) were applied (see Fig. 3). It was found that about 15 per cent of samples of deluvial deposits fall into field of beach sands. Thus, the limits of beach and river sand fields proposed by Friedman (1967) cannot be considered as sufficiently accurate. Moreover, if it is accepted that the deluvial deposits are a separate facies of continental deposits, than the field of river sands (Friedman, 1967, Fig. 15 from p. 340, and Fig. 18 from p. 342) should be more generally termed as the field of linear water-current deposits. It appears necessary to rename that field as c. 85 per cent of deluvial deposit samples fall into that field.

The method of D. J. Doeglas (1968) merely represents a new different „informational” record of grain-size distribution of deposits. Thus it does not represent any progress in genetic interpretation of deposits.

The results of studies on deluvial deposits confirmed some earlier statements that those methods of transformation of statistic indices of grain-size distributions have limited applicability in genetic interpretation of deposits. Those limitations appear to be primarily related to: (1) differences in sampling techniques, which are responsible for varying representativeness of samples for a given group of deposits, and (2) insufficient number of populations studied.

## РЕЗЮМЕ

Автор анализирует пригодность нескольких методов использования гранулометрического состава осадков для целей определения генетических признаков, исходя из данных исследования делувияльных отложений (Я. Стохляк, 1971).

Намечены три группы методов генетического определения отложений: 1) статистические сопоставления гранулометрических показателей, 2) визуальное сопоставление кумулятивных кривых гранулометрического состава, 3) техника статистического моделирования. Рассмотрены взгляды разных авторов относительно рассматриваемой проблемы. Представлен перечень работ в польской научной литературе, которые касаются последнего метода исследований кластических отложений.

Детально анализируется первый метод, касающийся сопоставления статистических показателей гранулометрического состава, в частности метод Г. М. Фридмана (1967) и Д. Дж. Дугласа (1968). Основой послужили определения гранулометрического состава 140 образцов делювиальных осадков водораздельной области рек Каменна, Висла и Зволенка в северо-восточном обрамлении Свентокшиских гор. Констатирую, что указанные методы не дают критериев для выделения делювиальных осадков из среды других генетических групп кон-

тинентальных отложений. В методе Г. М. Фридмана поле речных песков (Г. М. Фридман, 1967, фиг. 15, стр. 340 и фиг. 18, стр. 342) переименовано на область линейной водной аккумуляции. Метод Д. Дж. Дугласа (1968) не вносит прогресса в генетическую интерпретацию осадков и представляет лишь новый „информативный” способ записи гранулометрического распределения осадков. Исследования делювиальных отложений подтверждают взгляд, что методы основывающиеся на статистических показателях гранулометрического состава, не могут быть универсальны в определении генезиса осадков.

Как показали исследования автора, к основным причинам такого положения относятся: 1) разная техника отбора образцов и, следовательно, их разное значение в характеристике данной группы осадков, 2) недостаточное количество исследуемых популяций. Кроме того, как следует из публикаций, существует и методическая причина — применение разных наборов сит и неправильный метод составления кумулятивных графиков.