

JERZY NOWAK, JÓZEF SUPERSON

Uniwersytet M. Curie-Skłodowskiej

## PRÓBA ZASTOSOWANIA NOWEGO STATYSTYCZNEGO INDEKSU UZIARNIENIA W BADANIACH GRANULOMETRYCZNYCH

UKD 552.123:519.241.4:552.14:552.122].001.6.001.13

Jedną z najważniejszych cech litologicznych utworów klastycznych jest ich rodzaj uziarnienia, a główną metodą badawczą – analiza granulometryczna osadu, na podstawie której można określić między innymi: charakter osadu, typ środowiska sedymentacyjnego, kierunek transportu materiału oraz wykorzystać ją dla celów korelacji i określania zmienności regionalnej utworów. Wyniki analiz są pomocne przy interpretacjach genetycznych i paleogeograficznych poszczególnych osadów.

Jedną z metod służących ocenie środowiska sedymentacji osadu, opartych na statystycznych parametrach uziarnienia jest system zaproponowany przez D.J. Doeglasa (1). Przedstawił on oryginalny sposób zapisu uziarnienia w postaci trzy- ( $Q_1MdQ_3$ ) lub pięciocyfrowego ( $\Phi_1Q_1Md$

$Q_3\Phi_{99}$ ) indeksu. Metoda Doeglasa jest przydatna do rozróżniania osadów z odmiennych środowisk sedymentacyjnych, jak również do celów klasyfikacyjno-typologicznych. Pozytywne wyniki zastosowania tej metody przy badaniu zróżnicowania osadów kemowych zachodniej części Gór Świętokrzyskich uzyskały C. Radłowska, E. Myczyńska-Dowgiałło (5), a osadów deluwialnych międzyrzecza dolnej Kamiennej i Zwolenki J. Stochlak (6). Z powodzeniem stosowano także metodę Doeglasa do rozgraniczenia lessów subaeralnych od makroskopowo do nich podobnych pokrywowych utworów pyłowych strefy krawędziowej północnej części Wyżyny Lubelskiej (4).

System Doeglasa ma jednak i pewne mankamenty. Najważniejsze z nich są następujące:

STOPNIOWANA SKALA PRZEDZIAŁÓW KLASOWYCH WARTOŚCI  $M_z$ 

Przedziały klasowe wartości współczynnika $M_z$ w skali $\phi$	Skala grup osadów okruchowych (wg autorów)	Skala przedziałów klasowych osadów okruchowych (wg autorów)	Terminologia grup i przedziałów klasowych osadów okruchowych (wg U. Urbaniak-Biernackiej; 7, nieco zmienione)	
			grupa	przedział klasowy
			BLOKI	
-11,0 ÷ -10,0	5	5	GŁAZY	bardzo duże
-10,0 ÷ -9,4		4		duże
-9,0 ÷ -8,0		3		średnie
-8,0 ÷ -7,0		2		małe
-7,0 ÷ -6,0		1		bardzo małe
-6,0 ÷ -5,0	4	5	ŻWIR	bardzo gruby
-5,0 ÷ -4,0		4		gruby
-4,0 ÷ -3,0		3		średni
-3,0 ÷ -2,0		2		drobny
-2,0 ÷ -1,0		1		bardzo drobny
-1,0 ÷ 0,0	3	5	PIASEK	bardzo gruby
0,0 ÷ +1,0		4		gruby
+1,0 ÷ +2,0		3		średni
+2,0 ÷ +3,0		2		drobny
+3,0 ÷ +4,0		1		bardzo drobny
+4,0 ÷ +5,0	2	5	MULEK (PYŁ)	bardzo gruby
+5,0 ÷ +6,0		4		gruby
+6,0 ÷ +7,0		3		średni
+7,0 ÷ +8,0		2		drobny
+8,0 ÷ +9,0		1		bardzo drobny
+9,0 ÷ +10,0	1	5	IŁ	bardzo gruby
+10,0 ÷ +11,0		4		gruby
+11,0 ÷ +12,0		3		średni
+12,0 ÷ +13,0		2		drobny
+13,0 ÷ +14,0		1		bardzo drobny
			KOLOIDY	

a) z wartości percentyli wskaźnika Doeglasa nie można bezpośrednio odczytać statystycznych cech badanych populacji, takich jak: odchylenie standardowe, skośność i kurtoza rozkładu;

b) trzycyfrowy wskaźnik nie obejmuje całego rozkładu wielkości ziaren, a pięciocyfrowy nie jest w pełni obiektywny, gdyż przeważnie brak pełnej informacji o rozkładzie najdrobniejszych frakcji;

c) dwudziestostopniowa skala Doeglasa (od  $-10 \phi$  do  $+10 \phi$ ) nie obejmuje swym zasięgiem iłów i koloidów, co ogranicza możliwości jej stosowania.

Mając na celu wyeliminowanie tych braków, opracowano nowy, statystyczny indeks uziarnienia osadów:  $M_z$ ,  $\sigma_I$ ,  $Sk_I$ ,  $K_G$ . Ma on postać szeregu czterech liczb całkowitych, wyrażonych w pięciostopniowej skali w zakresie od 1 do 5.

Każda z czterech liczb indeksu odpowiada odmiennej mierze statystycznej. Pierwsza liczba, reprezentująca miary tendencji centralnej rozkładu, jest wartością średniej średnicy ziarn  $M_z$  sprowadzoną do dwóch cyfr na podstawie dwu 5-stopniowych skal. Pierwsza cyfra dotyczy pięciu grup osadów okruchowych (głazy, żwiry, piasek, mułek lub pył oraz ił), druga pięciu przedziałów klasowych, na które są podzielone poszczególne grupy (tab. I). Dla podkreślenia hierarchii tych dwóch podziałów, cyfry odpowiadające grupom napisano dużą czcionką, a cyfry odpowiadające przedziałom klasowym małą. Przykładowo, dla wartości  $M_z = 2,427$  zapis pierwszej liczby indeksu jest następujący: 3<sub>2</sub>.

Za podstawę skali wartości przedziałów klasowych  $M_z$  przyjęto klasyfikację osadów okruchowych zaproponowaną przez D.J. Doeglasa (1), a w literaturze polskiej

STOPNIOWANA SKALA PRZEDZIAŁÓW KLASOWYCH WARTOŚCI  $\sigma_I$ 

Rozproszenie osadów wg M. Grzegorzycyka; 3 (nieco zmienione)	Wysortowanie osadów wg R.L. Folka i W.C. Warda; 2 (nieco zmienione)	Przedziały klasowe wartości współczynnika $\sigma_I$ w skali $\phi$ wg R.L. Folka i W.C. Warda; 2	Skala wartości współczynnika $\sigma_I$ (wg autorów)
bardzo wysokie	bardzo słabe	$\geq 2,00$	5
wysokie	słabe	$1,00 \div 2,00$	4
umiarkowane	umiarkowane	$0,50 \div 1,00$	3
niskie	dobrze	$0,35 \div 0,50$	2
bardzo niskie	bardzo dobre	$< 0,35$	1

Tabela III

STOPNIOWANA SKALA PRZEDZIAŁÓW KLASOWYCH WARTOŚCI  $Sk_I$ 

Typ rozkładu uziarnienia wg R.L. Folka i W.C. Warda; 2	Przedziały klasowe wartości współczynnika $Sk_I$ wyrażonych w skali $\phi$ wg R.L. Folka i W.C. Warda; 2	Skala wartości współczynnika $Sk_I$ (wg autorów)
bardzo skośny dodatnio	$+1,00 \div +0,30$	5
skośny dodatnio	$+0,30 \div +0,10$	4
w przybliżeniu symetryczny	$+0,10 \div -0,10$	3
skośny ujemnie	$-0,10 \div -0,30$	2
bardzo skośny ujemnie	$-0,30 \div -1,00$	1

Tabela IV

STOPNIOWANA SKALA PRZEDZIAŁÓW KLASOWYCH WARTOŚCI  $K_G$ 

Typ rozkładu uziarnienia wg R.L. Folka i W.C. Warda; 2	Przedziały klasowe wartości współczynnika $K_G$ wyrażonych w skali $\phi$ wg R.L. Folka i W.C. Warda; 2	Skala wartości współczynnika $K_G$ (wg autorów)
bardzo leptokurtyczny	$\geq 1,50$	5
leptokurtyczny	$1,50 \div 1,11$	4
mezokurtyczny	$1,11 \div 0,90$	3
platykurtyczny	$0,90 \div 0,67$	2
bardzo platykurtyczny	$< 0,67$	1

Tabela V

WARTOŚCI STATYSTYCZNYCH WSKAŹNIKÓW GRANULOMETRYCZNYCH ORAZ INDEKS UZIARNIENIA OSADÓW KLASTYCZNYCH PŁASKOWYŻU NAŁĘCZOWSKIEGO I JEGO PÓŁNOCNEGO PRZEDPOLA

Nr próbki	Miejscowość	Statystyczne wskaźniki granulometryczne				Indeks uziarnienia	Rodzaj osadu
		$M_z$	$\sigma_I$	$Sk_I$	$K_G$		
1	Gutanów	5,581	1,476	0,417	1,014	2,453	lessy
2	Snopków	5,687	1,468	0,422	1,248	2,454	subaeralne
3	Ciecierzyn	5,126	1,734	0,271	1,727	2,445	lessy
4	Garbów	5,498	1,564	0,440	1,219	2,454	deluwialne
5	Nasutów	4,897	2,290	0,091	1,178	2,534	pokrywowe
6	Włóki	5,949	1,936	0,399	1,049	2,453	utwory pyłowe
7	Oleandry	1,919	0,671	0,203	1,059	3,343	piaski
8	Orlicz	1,607	0,483	0,133	1,002	3,333	wydmore
9	Niemce	2,495	1,025	0,294	1,195	3,444	piaski
10	Kol. Gaj	2,063	1,793	-0,126	1,440	3,424	fluwioglacjalne

przez U. Urbaniak-Biernacką (7). Klasyfikację tę autorzy nieznacznie zmienili, zamykając od góry przedział klasowy „głazy bardzo duże” wartością  $-11\phi$ , co odpowiada 2048 mm i dodając powyżej tej wartości nową grupę osadów – „bloki”.

Drugą liczbą statystycznego indeksu uziarnienia osadów jest stopień skali odpowiednich wartości odchylenia standardowego  $\sigma_I$ ; trzecia reprezentuje skośność krzywej rozkładu uziarnienia  $Sk_I$ , a czwarta przedstawia miarę spłaszczenia, czyli kurtozę  $K_G$ .

Pięciostopniowe skale wartości  $\sigma_I$ ,  $Sk_I$  i  $K_G$  opracowano na podstawie klasyfikacji podanych przez R.L. Folka i

W.C. Warda (2). Dla wszystkich klasyfikacji przyjęto zasadę, że górna granica każdego rosnącego przedziału wartości w skali  $\phi$  ( $a, b$ ), gdzie  $a < b$ , należy już do przedziału następnego.

Poniżej podano procedurę praktycznego obliczania statystycznego indeksu uziarnienia osadów.

Na podstawie danych z analizy uziarnienia osadów należy wykreślić krzywe kulminacyjne na tzw. logarytmicznej siatce prawdopodobieństwa. Z krzywej sumowania odczytujemy wartości poszczególnych percentyli w bezwymiarowej skali  $\phi$  ( $\phi$ ). Następnie obliczamy wartości czterech miar statystycznych  $M_z$ ,  $\sigma_I$ ,  $Sk_I$  i  $K_G$  wg wzorów



podanych przez R.L. Folka i W.C. Warda (2), a na podstawie tabel I, II, III i IV uzyskujemy odpowiednie liczby całkowite statystycznego indeksu uziarnienia.

Wartości percentyli, niezbędne do wyliczenia poszczególnych statystycznych wskaźników uziarnienia, można także uzyskać za pomocą elektronicznej maszyny cyfrowej. Cała czasochłonna procedura wykreślenia i odczytywania punktów miarodajnych z krzywej kulminacyjnej oraz wyliczenia wskaźników uziarnienia została zaprogramowana i wykonana w Zakładzie Metod Numerycznych Instytutu Matematyki UMCS na elektronicznej maszynie cyfrowej typu RIAD R-32\*.

W celu sprawdzenia efektywności statystycznego indeksu uziarnienia osadów wyliczono ten indeks dla 530 próbek pobranych z obszaru Płaskowyżu Nałęczowskiego i jego północnego przedpola. Stwierdzono, że najbardziej charakterystyczne indeksy uziarnienia dla niżej wymienionych grup genetycznych przedstawiają się następująco:

- a) lessy — 2<sub>4</sub>53, 2<sub>4</sub>54,
- b) pokrywowe utwory pyłowe — 2<sub>3</sub>52, 2<sub>4</sub>53, 2<sub>4</sub>54, 2<sub>4</sub>44, 2<sub>5</sub>534,
- c) piaski wydmore — 3<sub>3</sub>333, 3<sub>3</sub>343,
- d) piaski fluwioglacjalne — 3<sub>2</sub>424, 3<sub>2</sub>443, 3<sub>2</sub>444.

W tabeli V podano przykłady 10 próbek z wyliczonymi statystycznymi wskaźnikami  $M_z$ ,  $\sigma_I$ ,  $Sk_I$  i  $K_G$  oraz z wyliczonym indeksem uziarnienia.

Nowy statystyczny indeks uziarnienia osadów okrucowych daje dużo obiektywnych danych o charakterze struktury osadów i o warunkach ich sedimentacji. Poza klasyfikacją osadów według średniej wielkości ziaren, uzyskujemy także bezpośrednie informacje o odchyleniu standardowym, asymetrii oraz spłaszczeniu krzywych rozkładu uziarnienia. Metoda ta uwzględnia wszystkie grupy skał okrucowych i pozwala na klasyfikację oraz wyodrębnienie różnogenetycznych osadów z większą dokładnością niż to czyniły wcześniejsze podziały. Ważną zaletą nowego indeksu uziarnienia jest także to, że w postaci jednego szeregu czterech liczb zapisane są najważniejsze cechy struktury osadu danej próbki. Każda próbka uzyskuje swoisty kod numeryczny. Taka forma zapisu uziarnienia osadów jest szczególnie przydatna w badaniach masowych, przy zastosowaniu elektronicznych maszyn cyfrowych. Ponadto konkretny zapis struktury osadu okrucowego można przedstawić na mapie w postaci izolinii.

## LITERATURA

1. Doeglas D. J. — Grain-size indices, classification and environment. *Sedimentology* 1968 vol. 10 no. 2.

\* Autorzy tej pracy, w miejsce tradycyjnych nazw „tuf porfirowy” i „porfir kwarcowy”, używać będą terminów „tuf ryolitowy” i „ryolit”.

2. Folk R. L., Ward W. C. — Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. *Jour. Sed. Petr.* 1957 vol. 27 no. 1.
3. Grzegorzczak M. — Metody przedstawiania uziarnienia osadów. Pr. Kom. Geogr.-Geol. Pozn. Tow. Przyj. Nauk, Wyd. Mat.-Przyr. 1970 t. 10 z. 2.
4. Nowak J. — Utwory pyłowe strefy krawędziowej północnej części Wyżyny Lubelskiej na obszarze między Garbowem a Bystrzącą. Maszynopis pr. doktorskiej. Biblioteka Główna UMCS. Lublin. 1978.
5. Radłowska C., Mysielska-Dowgiałło E. — Uwagi o deglacjacji zachodniej części Gór Świętokrzyskich (w okolicach Chęciny). *Prz. Geogr.* 1972 t. 44 z. 4.
6. Stochlak J. — Możliwości interpretacji genezy osadów drobnoklastycznych na podstawie statystycznych wskaźników uziarnienia. *Prz. Geol.* 1973 nr 12.
7. Urbaniak-Biernacka U. — Nowoczesna klasyfikacja osadów klastycznych według wielkości ziarn. *Ibidem* 1975, nr 3.

## SUMMARY

A new statistical granulation index, proposed in this paper, appears simpler and more universal than the hitherto used index of D.J. Doeglas (1968). The new index ( $M_z$ ,  $\sigma_I$ ,  $Sk_I$ ,  $K_G$ ) has the form of a series of four whole numbers, giving information on mean grain size, standard deviation, as well as skeweness and kurtosis of grain-size distribution. It gives objective information on nature of structure of deposits and sedimentary conditions and it may be useful in discrimination and classification of heterogenic deposits.

## РЕЗЮМЕ

Авторы предлагают новый статистический индекс зернистости, который характеризуется большой простотой записи и всесторонностью в сравнении с методом представленным Д.И.Деглесом (1968).

Новый статистический индекс ( $M_z$ ,  $\sigma_I$ ,  $Sk_I$ ,  $K_G$ ) в виде ряда четырёх целых чисел извещает о: средней величине зерна, стандартном отклонении, косинусе и сплюсченности распределения зернистости осадков. Дает объективные данные о характере структуры осадков и условиях седиментации, а также может помочь при различении и классификации разногенетических осадков.