
Zakład Geografii Fizycznej Wydziału Biologii i Nauk o Ziemi UMCS
Kierownik. prof. dr Adam Malicki

Jerzy BUTRYM, Jerzy CEGŁA

**Badania morfologii ziarn i struktury utworów klastycznych
przy zastosowaniu profilów utrwalonych na taśmie przezroczystej**

**Исследования морфологии зерен и структуры кластических
отложений с применением закрепленных профилей
на прозрачной ленте**

**Application of Transparent Adhesive Tape in Analyses of Grain
Morphology and Granulometric Analyses of Clastic Sediments**

Badania granulometrii i morfologii ziarn utworów klastycznych stanowią podstawę do określania procesów, jakim ziarno podlegało do momentu złożenia go w postaci sedymentu.

Już w r. 1919 Ch. K. Wentworth (27), a następnie w r. 1932 H. Wadell (26) zajmowali się różnorodnością form ziarna. E. Szádeczky-Kardoss (20, 21, 22) w roku 1933 proponuje określanie stopnia obróbki ziarna w oparciu o pomiary powierzchni płaskich, wklęsłych i wypukłych. Metodę jego (nieco zmodyfikowaną) stosują M. Pécsi i D. E. Pécsine (12) w r. 1959. Bogaty materiał metodyczny i dowodowy, dotyczący tego zagadnienia, zawierają prace A. Cailleux (1, 2, 3, 4). Badania prowadzone przez A. Cailleux wykazały między innymi zależność kształtu ziarna od środowiska sedymentacji oraz rolę materiału skalnego budującego ziarna. A. Cailleux rozpowszechnia wskaźniki zaokrąglenia i spłaszczenia, wydziela trzy typy ziarna (1 nie obtoczone, 2 obtoczone błyszczące, 3 obtoczone matowe). Problematyką składu granulometrycznego i morfologią ziarn osadów klastycznych w Polsce zajmowało i zajmuje się wielu autorów. Za przykład mogą służyć prace: J. Syniewskiej (19, 1929 r.), B. Krygowskiego (6, 7, 8), J. Trembaczowskiego (23, 24),

J. Morawskiego (9, 10) oraz R. Racinowskiego i J. Rzechowskiego (14, 15, 16).

W dotychczasowych badaniach posługiwano się powszechnie materiałem skalnym, pobieranym z odsłoneń czy wierceń w określonych jednostkach wagowych czy objętościowych. Próbki pobierane w ten sposób dostarczają materiału z warstwy o miąższości nie mniejszej od 5—10 cm. Pobieranie próbek z warstw czy wkładek o miąższościach mniejszych (2—3 cm) nastęrcza niejednokrotnie wiele trudności natury technicznej. Wyniki uzyskane z opracowania materiału w ten sposób pobranego są wartościami średnimi tej warstwy, z jakiej została wzięta próbka. Dla studiów natury ogólnej wyniki średnie bywają wystarczające, lecz przy badaniach bardziej szczegółowych, które są obecnie coraz szerzej stosowane, zachodzi niejednokrotnie konieczność rozpatrywania pojedynczych warstwek czy też drobnych struktur w obrębie poszczególnych serii osadowych. Nie bez znaczenia jest fakt, że dobór ziarn na przykład przy analizie pod lupą binokularną jest do pewnego stopnia przypadkowy. Analiza tego typu nie wykazuje dokładnie rozkładu materiału w obrębie profilu. Innymi słowy nie daje wglądu w naturalne rozmieszczenie i ułożenie ziarn określonych frakcji i poszczególnych typów.

Z literatury znane są sposoby pobierania utrwalonych profilów oraz monolitów glebowych. Metoda opracowana w NRF w r. 1949 przez E. Voigta (nazwana Lackfilm-methode) opisana przez K. Pożaryską (13), a dokładniej omówiona i stosowana przez E. Rutkowskiego (17), S. Skompskiego i W. Słowańskiego (18) oraz A. J. Nowickiego (11) mimo swych licznych zalet nie może być w pełni wykorzystana do analizowania materiału, którego dostarcza, gdyż utrwalone profile czy też monolity ze względu na nieprzezroczyste podłoże i swą grubość nie mogą być badane w dużych powiększeniach w świetle przechodzącym.

Wychodząc z powyższego założenia autorzy podjęli próbę zastosowania przezroczystej taśmy klejącej do pobierania z profilu geologicznego próbki o nienaruszonej strukturze. Przeprowadzony eksperyment miał na celu dostarczenie materiału do możliwie wszechstronnych badań ziarn w ich naturalnym ułożeniu.

Autorzy wykonując próby dysponowali przezroczystą taśmą klejącą produkcji szwajcarskiej, marki „Cellux”. Taśma ta jest dostępna w handlu i jest powszechnie używana do celów biurowych. Szerokość jej wynosi 16 mm. Bywają taśmy o szerokości 18 i 21 mm.

Próbki na taśmie pobierano z profilów na wydmie parabolicznej podcinanej przez rzekę Łęg w miejscowości Bojanów (Nizina Sando-

mierska) oraz z terasy nadzalewowej Łęgu koło miejscowości Świerczyna. Profile dokładnie oczyszczono, zachowując pionowe ścianki o wysokości 1 metra. Następnie odczekano kilka minut do momentu, kiedy świeżo odsłonięta powierzchnia profilu częściowo wyschła. Następnie odwinęto ze szpuli taśmę o długości odpowiadającej miąższości oczyszczonego profilu. Przytrzymując rozciągniętą taśmę za dwa końce w pewnej odległości od ściany (około 1 cm), dociskano ją do powierzchni odsłonięcia stopniowo poczynając od dołu i przesuwając się ku górze. Stopniowe dociskanie taśmy w kierunku z dołu do góry przy jednoczesnym odchyleniu końców taśmy, zapobiega ewentualnemu zanieczyszczeniu jej ziarnami pochodzącymi z przypadkowego obsypywania się materiału w trakcie naklejania. Następnie przyklejamy do dolnego końca taśmy zapalną zaś do górnego metryczkę i zwijamy ją na zapalną z ziarnem do wewnątrz. Pobieranie metrowego odcinka próbki w powyżej opisany sposób trwa około 7 minut.

Należy podkreślić, że odcinek taśmy metrowej długości z naklejonym profilem w stanie zwiniętym ma bardzo małe wymiary i jest bardzo lekki (waga 2—4 dkg.) w odróżnieniu od próbek pobieranych do woreczków. Klej, którym jest powleczona taśma wykazuje dużą odporność na wstrząsy w czasie transportu i na zmiany temperatury oraz wilgotności. Wielokrotne zwijanie i rozwijanie taśmy nie narusza położenia ziarn, które pokrywają klejącą jej stronę. Cechą dodatnią jest także to, że taśma pokryta jest jedną warstwą ziarn, co z kolei jest bardzo ważne przy analizach w dużych powiększeniach. Eksperymentalnie stwierdzono, że do taśmy przyklejają się dostatecznie silnie nawet ziarna o średnicy 3 mm. Główną jednak zaletą jest fakt, że na taśmie utrwała się następstwo drobnych warstewek oraz naturalne rozmieszczenie ziarn.

Dysponując taśmą z utrwalonym profilem, mamy możliwość wykonania szeregu badań pod lupą binokularną zarówno w świetle przechodzącym, jak i odbitym. Należy zaznaczyć, że zarówno taśma jak i klej nie zniekształcają obrazu. Tak więc możliwe jest określenie wzajemnego ułożenia ziarna, stopnia jego obróbki i uproszczonego składu mineralogicznego. Jednakże posługiwanie się lupą binokularną jest w niektórych przypadkach niewygodne, zwłaszcza przy pomiarach składu granulometrycznego, jak również pozostałych obliczeniach ilościowych. Ponadto długotrwała praca z lupą męczy wzrok, co z kolei zwiększa błąd subiektywny.

W celu wyeliminowania powyższych trudności autorzy zastosowali metodę projekcji. Posługiwano się projektorem małoobrazkowym do przeźroczy marki Carl-Zeiss-Jena z lampą projekcyjną S 5A 375 W.

Oryginalny obiektyw zastąpiono obiektywem fotograficznym Zeiss Tessar 2,8/50. Dla podniesienia zdolności rozdzielczej obiektywu posługiwano się przysłoną 5,6. Jako ekranu użyto tafli szklanej z rozpiętą na niej błoną kreślarską „Astralon”, na którym uzyskiwano obraz podświetlony.

Taśmę z utrwalonym profilem umieszczano w projektorze na miejscu przeźrocza (wykorzystano urządzenie do projekcji z taśmy filmowej). Kilkuminutowa projekcja powodowała jednak deformacje taśmy na skutek silnego nagrzewania się projektora i rozpuszczenia kleju. Dopiero zastosowanie chłodnicy wodnej, którą umieszczono pomiędzy kondensorem projektora a taśmą, pozwoliło wyeliminować te niedogodności. Chłodnicę wodną wykonano ze szkła optycznego w postaci akwarium, które wypełniono roztworem ałunu glinowo-amonowego. Grubość akwarium (chłodnicy) wynosiła 5 mm. Chłodnicę można również napełnić wodą destylowaną, z tym jednak, że woda stosunkowo szybko paruje. Nie należy natomiast stosować roztworu ałunu chromowego. Powłoczenie taśmy od strony naklejonych ziarn gliceryną technicznie czystą ($\text{CH}_2\text{OH} \cdot \text{CHOH} \cdot \text{CH}_2\text{OH} = 92,09$) pozwala na uzyskanie wyraźniejszego obrazu. Jest on ostry, jasny i nadzwyczaj plastyczny, nie ustępujący obrazowi pod lupą binokularną. W sposób wyraźny zaznacza się zróżnicowanie ziarna na poszczególne typy; wyraźnie wyodrębniają się ziarna kwarcu.

Powleczony gliceryną odcinek taśmy jest odpowiednikiem preparatu mikroskopowego, z tym że jest on stosunkowo nietrwały. Po upływie około 24 godzin gliceryna zaczyna rozpuszczać klej na taśmie, niszcząc tym samym „preparat”. Wobec tego glicerynować należy te odcinki taśmy, które mają służyć do jednorazowego opracowania. Chcąc uzyskać trwałe preparaty można powlec taśmę cienką warstwą rzadkiego lakieru bezbarwnego. Należy zwrócić uwagę, aby nie stosować lakierów acetonowych, rozpuszczających klej i taśmę.

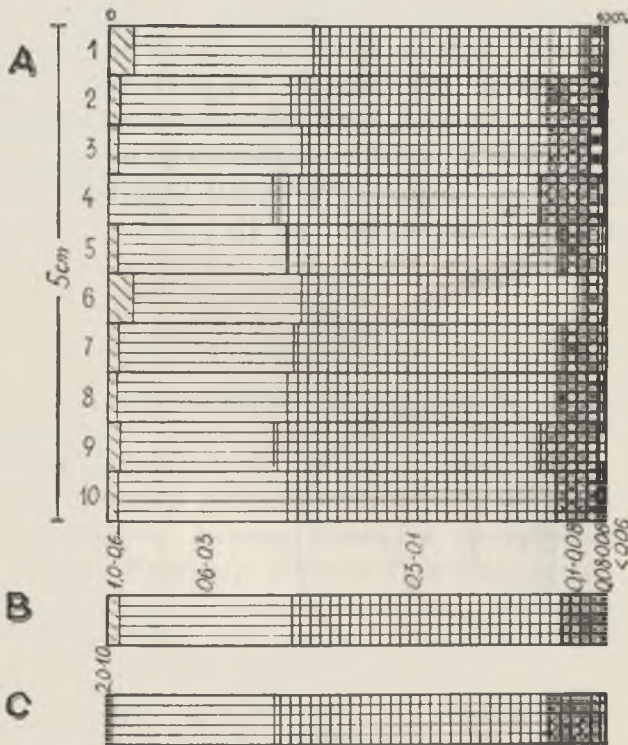
Taśmy powlечzone lakierem mogą być przechowywane i wielokrotnie wykorzystywane. Dodatkową zaletą lakierów bezbarwnych jest współczynnik załamania światła, zbliżony do współczynnika gliceryny. Jakość uzyskiwanego obrazu niewiele odbiega od obrazu z „preparatu” glicerynowego. Trzeba dodać, że jasność obrazu zależy od optyki, jaką się stosuje i od siły światła żarówki. W celu uniknięcia błędów należy przy rozpatrywaniu większej ilości preparatów stosować te same techniczne warunki projekcji.

Przed przystąpieniem do opracowywania zaznaczamy na taśmie tuszem kreślarskim miejsca, które mają zostać szczegółowo przebadane. Następnie ustalamy stopień powiększenia rzutowego obrazu. Do tego

celu możemy się posłużyć wyskalowanym preparatem mikroskopowym. Autorzy przeprowadzili próby przy powiększeniu $50\times$, czyli 1 cm^2 na „preparacie” odpowiadał kwadratowi o boku 50 cm na ekranie. Przy tym powiększeniu ziarna frakcji $0,06\text{ mm}$ miały średnicę 3 mm . Pracę ułatwia wrysowanie na ekranie siatki kwadratów na matowej stronie błony. W danym przypadku ekran podzielono na 4 pola kwadratowe o boku 25 cm ($5 \times 5\text{ mm}$ na „preparacie”).

Tytułem próby zostały wykonane następujące analizy: skład granulometryczny, morfologia ziarna oraz uproszczony skład mineralogiczny. Stwierdzono również możliwość dokonywania obserwacji nad zróżnicowaniem ułożenia ziarna.

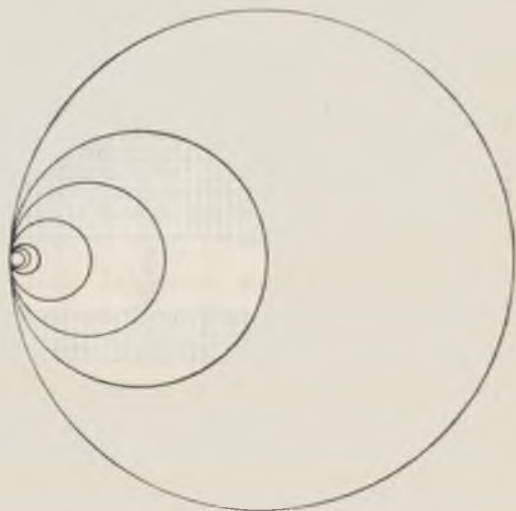
Ujemną stroną przy stosowaniu tej metody jest niemożność usunięcia z powierzchni ziarna związków węglanowych czy żelazowych



Ryc. 1. Diagram składu granulometrycznego. A — skład granulometryczny, obliczony z taśmy, na ekranie, B — średnia wartość z A, C — skład granulometryczny, określony metodą sitową

Granulometric composition. A — the granulometric composition calculated from the focusing screen, B — mean from „A”, C — granulometric composition calculated by screen analysis

przez przemycie w roztworze HCl. Zanieczyszczenie powierzchni stanowi szczególną trudność przy analizie ziarna we frakcjach drobniejszych. Przy analizie zmatowienia powierzchni ziarn piasków wyniki należy traktować również orientacyjnie. Dla sprawdzenia wartości tej metody do badań granulometrii porównano wyniki analizy dokonanej metodą sitową z wynikami pomiarów na ekranie przy uwzględnieniu tych samych przedziałów frakcji. Metodą sitową wykonano analizę próbki piasku wziętej z warstwy o miąższości 5 cm. Otrzymano stosunki wagowe zawartości poszczególnych frakcji (tab. 1, ryc. 1). Następnie wykonano na ekranie analizę składu granulometrycznego tej samej warstwy, uprzednio naklejonej na taśmę. Odcinek 5 cm na taśmie podzielono na 10 prostokątów o wymiarach 5×10 mm, czyli na ekranie uzyskano wymiary 25×50 cm. Na każdym z 10 prostokątów dokonywano pomiarów wielkości ziarn oraz ich ilości w poszczególnych frakcjach. W tym celu posługiwano się celuloidowym szablonem (ryc. 2), na którym narysowano koła o średnicach odpowiadających przedziałom poszczególnych frakcji. Pozwoliło to na określenie wielkości ziarna, jak też jego pozostałych cech, przy jednorazowym przyłożeniu szablonu. Wskazane jest stosowanie szablonu wykonanego na płycie z pleksiglasu, gdyż celuloid szybko ulega porysowaniu. Otrzymane wyniki zostały zestawione w postaci diagramów (ryc. 1).



Ryc. 2. Szablon do pomiarów frakcji ziarna, stosowany przy analizie granulometrycznej, przeprowadzonej na ekranie

The stencil for the determination of diameter of grains calculated by granulometric screen analysis

Tab. 1. Skład granulometryczny
Granulometric composition

Nr próbki (odp. 1 prost.) na taśmie o wym. 5×10 mm) Nos. of samples (each number corresponds to 1 rectangle on the tape, 5×10 mm)	Pomiar na ekranie — % powierzchni. Wielkość ziarn w mm Measurement on the focusing screen — surface in % Diameter of grains in mm						
	2,0 — 1,0	1,0 — 0,6	0,6 — 0,3	0,3 — 0,1	0,1 — 0,08	0,08 — 0,06	< 0,06
1	0,0	5,0	36,0	54,6	4,3	0,1	0,0
2	0,0	2,3	34,7	51,3	11,0	0,5	0,2
3	0,0	2,2	36,6	50,2	8,0	2,6	0,4
4	0,0	0,0	33,1	54,4	11,4	1,0	0,1
5	0,0	2,2	33,9	55,9	7,6	0,4	0,0
6	0,0	5,1	33,8	57,2	3,8	0,1	0,0
7	0,0	2,4	35,4	54,8	7,2	0,2	0,0
8	0,0	2,2	34,1	55,1	8,4	0,1	0,1
9	0,0	2,5	31,4	54,1	11,2	0,8	0,0
10	0,0	2,1	30,0	54,4	13,1	0,2	0,2
średnia z 10 prostok.	0,0	2,6	33,9	54,2	8,6	0,6	0,1
Nr próbki (odp. w-wle o młazsz. 5 cm). No. of a sample (corresponds to a layer 5 cm thick)	Analiza sitowa — % wagowe. Wielkość ziarn w mm sieve analysis — weight in %. Diameter of particles in mm						
	2,0 — 1,0	1,0 — 0,6	0,6 — 0,3	0,3 — 0,1	0,1 — 0,08	0,08 — 0,06	< 0,06
1	0,4	1,1	32,2	55,5	10,1	0,7	0,1

Z ilości ziarn przypadających na poszczególne frakcje można było obliczyć powierzchnie zajęte przez ziarna przynależne do poszczególnych kategorii wielkościowych. Procenty powierzchni zajętych przez ziarna kolejnych frakcji nieznacznie odbiegają od wartości procentów wagowych uzyskanych metodą sitową w przypadku porównywania wartości średnich. Występuje natomiast zróżnicowanie w obrębie poszczególnych prostokątów analizowanych na ekranie. Ponieważ wynik uzyskany metodą sitową nieznacznie odbiega od średniej otrzymanej z pomiarów na ekranie, metodę obliczeń z taśmy można z powodzeniem stosować przy studiach granulometrycznych mikrostruktur. Na przykład: przy badaniu wkładek piaszczystych w lessach, piaszczystych otoczek i smug w strukturach peryglacjalnych. Jak wynika z diagramu, zróżnicowanie istnieje nawet w jednolitej na pozór pięciocentymetrowej warstwie piasku wydmowego.

Tego rodzaju zróżnicowanie nie zaznacza się zupełnie w przypadku posłużenia się analizą sitową.

Tab. 2. Morfologia ziarna
Morphology of grains

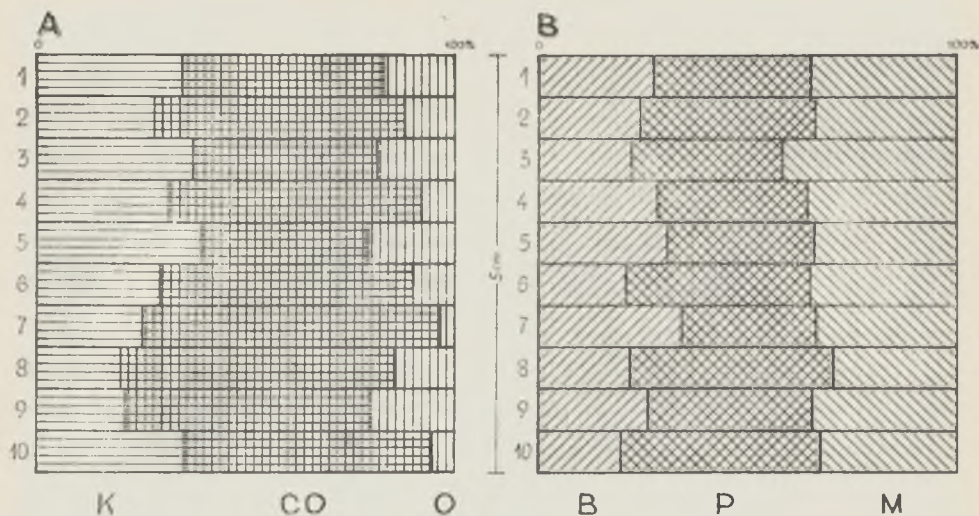
Nr próbki (odp. 1 prostokątowi na taśmie, o wymiarach 5×10mm) Nos. of samples (each number corresponds to 1 rectangle on the tape, 5×10 mm)	Obtroczenie ziarna The degree of rounding of grains			Zmatowienie ziarna The degree of dullness of grains		
	K	CO	O	B	P	M
1	34,1	49,1	16,8	27,1	38,1	34,8
2	27,6	61,2	11,2	24,2	41,9	33,9
3	37,3	45,2	17,5	22,4	36,2	41,4
4	31,6	60,5	7,9	28,5	36,4	35,1
5	40,2	39,1	20,7	31,0	35,0	34,0
6	29,9	61,1	9,0	21,0	44,4	34,6
7	25,4	71,3	3,3	34,1	32,6	33,3
8	20,2	65,7	14,1	21,8	49,1	29,1
9	21,6	58,2	20,2	26,0	39,6	34,4
10	35,5	59,0	5,5	19,8	48,0	32,2
Średnia z 10 prostok. Mean from 10 rectangles	30,3	57,1	12,6	25,6	40,1	34,3

Objaśnienia: K — ziarno kanciaste, CO — ziarno częściowo obtroczone, O — ziarno obtroczone; B — ziarno błyszczące, P — ziarno przejściowe, M — ziarno matowe.

Explanation: K — sharp-edged, CO — partly rounded, O — rounded; B — lustrous, P — partly dull, M — dull.

Tab. 3. Uproszczony skład mineralogiczny
Mineralogic composition

Nr próbki (odp. 1 prost. na taśmie, o wym. 5×10 mm) Nos. of samples (each number corresponds to 1 rectangle on the tape, 5×10mm)	Zawartość minerałów w % Content of minerals in %	
	kwarc quartz	minerały inne other minerals
1	83,9	16,1
2	72,5	27,5
3	78,6	21,4
4	85,6	14,4
5	78,6	21,4
6	81,2	18,8
7	84,1	15,9
8	80,3	19,7
9	82,8	17,2
10	79,7	20,3
Średnia z 10 prostok. Mean from 10 rectangles	80,7	19,3



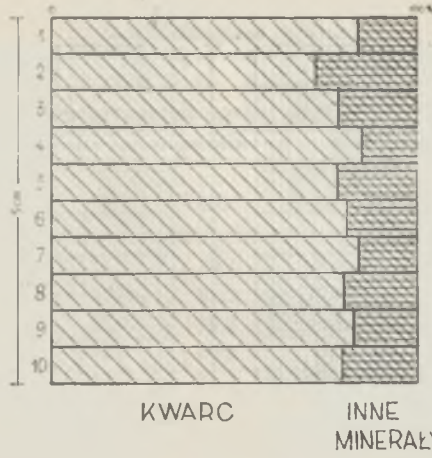
Ryc. 3. Morfologia ziarn kwarcu. A — obtoczenie: K — ziarno kanciaste, CO — ziarno częściowo obtoczone, O — ziarno obtoczone; B — zmatowienie: B — ziarno błyszczące, P — ziarno przejściowe, M — ziarno matowe
 Morphology of quartz grains. A — the degree of rounding of grains: K — sharp-edged, CO — partly rounded, O — rounded; B — the degree of dullness of grains: B — lustrous, P — partly dull, M — dull

Przy opracowaniu morfologii ziarna kwarcowego piasku wydzielono: ziarno kanciaste (K), częściowo obtoczone (CO) oraz ziarno obtoczone (O). W każdej z tych kategorii różnicowano ziarno na błyszczące (B), przejściowe (P) i matowe (M), zdając sobie sprawę z tego, że zanieczyszczenie ziarna pozwala na uzyskanie jedynie przybliżonych danych. Klasyfikowano ziarno jednocześnie z zaliczaniem go do danej frakcji. Obliczono przykładowo 5 cm odcinek taśmy (z miejsca, gdzie później pobrano próbkę do analizy sitowej). Wyniki przedstawia ryc. 3 oraz tab. 2.

Podobnie jak w przypadku składu granulometrycznego tak i tu widzimy znaczne zróżnicowanie na tak małej miąższości. Wyników tego typu nie można osiągnąć z próbki pobieranej z całej warstwy.

Ziarna kwarcu (których morfologię zbadano) wyraźnie różnią się od innych minerałów dzięki czemu można określić uproszczony skład petrograficzny (ryc. 4, tab. 3).

Plastycznie i nadzwyczaj wyraźnie zaznaczają się na rzutowanym obrazie wszelkiego rodzaju spękania ziarn, wżery i rysy na ich powierzchni. Dokładnie widoczne są odpryśnięcia i przebieg krawędzi na ziarnach typu graniaków. Tego rodzaju cechy mogą dostarczyć



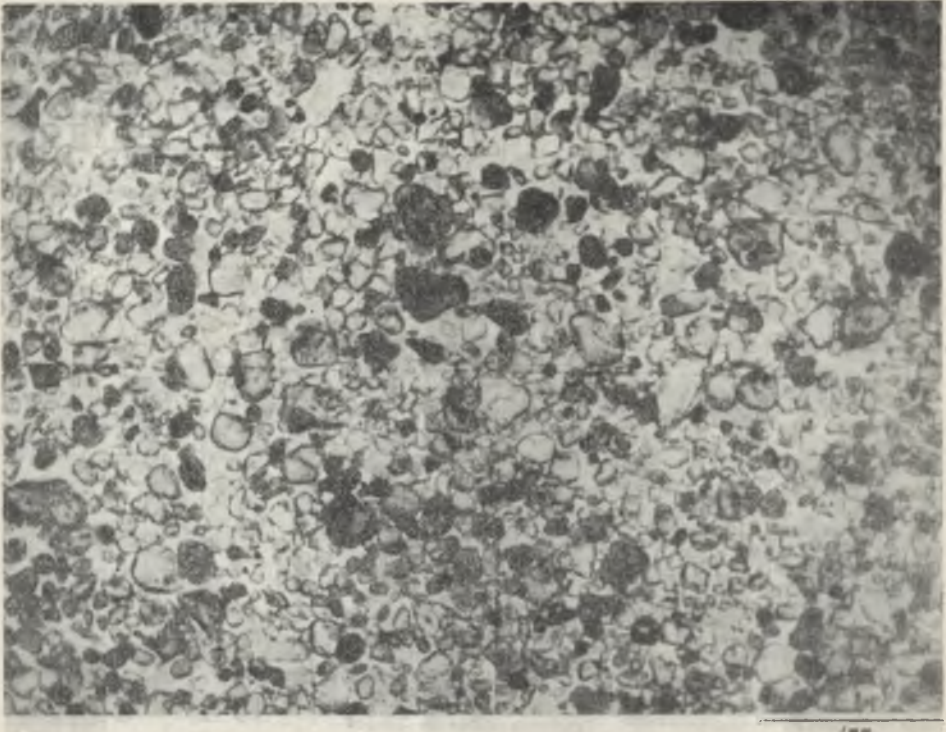
Ryc. 4. Uproszczony skład mineralogiczny.

K — ziarna kwarcu, I — ziarna minerałów innych

Mineralogic composition. K — quartz grains, I — other minerals



Ryc. 5. Piaski wydymowe z Bojanowa (Nizina Sandomierska)
Dune sand from Bojanów (Lowland of Sandomierz)



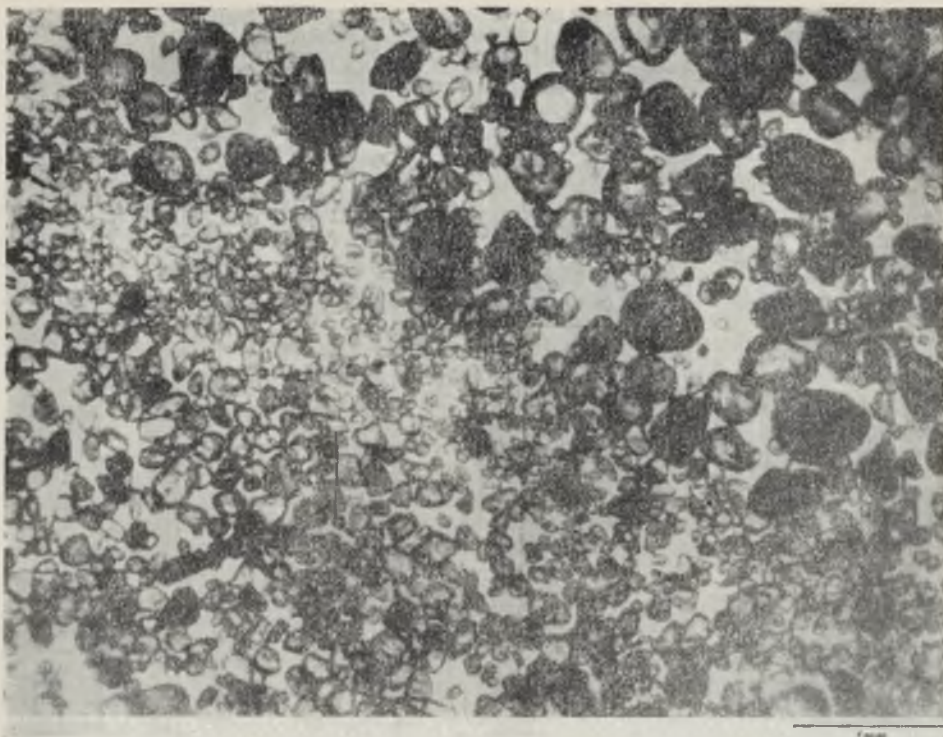
Ryc. 6. Piaski z terasy nadzalewowej Łęgu w miejscowości Świerczyna
(Nizina Sandomierska)
River sand from Świerczyna (Lowland of Sandomierz)

niezwykle cennego materiału przy studiach nad osadami strefy peryglacjalnej.

Wszystkie omówione obliczenia wykonane były przy średniej ilości 1500 ziarn przypadających na każdy prostokąt taśmy o wymiarach 5×10 mm.

Uzyskane tą drogą wyniki pozwalają na stwierdzenie wyraźnych różnic pomiędzy piaskami budującymi wydmy (ryc. 5) i terasę rzeczną (ryc. 6). Można ustalić domieszkę piasku eolicznego do piasków terasowych. Nadzwyczaj wyraźnie zaznaczają się kontakty pomiędzy warstwami zbudowanymi z piasków o różnej frakcji (ryc. 7). Metoda pobierania próbek na taśmie klejącej pozwala na precyzyjne badanie utworów nie tylko w profilu pionowym, ale można także w ten sposób studiować zmienność w osadach wzdłuż linii o dowolnych kierunkach, na przykład ukośnych, poziomych, wzdłuż biegu przewarstwień i kontaktów warstw.

Należy wskazać na możliwość wykorzystania utrwalonych na taśmie



Ryc. 7. Ukośny kontakt warstw piasku o różnym składzie granulometrycznym (piasek wydumowy)

The contact of the dune sands of different granulometric composition

profilów czy też wybranych ciekawszych ich fragmentów do celów dydaktycznych.

Na zakończenie warto dodać, że wykonanie wszystkich pomiarów i obliczeń, o których była mowa wyżej, przeprowadzone na powierzchni 1 cm² taśmy zajmuje przy pewnej wprawie 1 godzinę 40 minut.

Niniejsze omówienie należy traktować jako wstępną próbę, bez wątplenia obarczoną jeszcze pewnymi błędami. Dalsze badania tego typu przyczynią się niewątpliwie do udoskonalenia metody z jednej strony, a do dokładniejszego poznania mikrostruktur występujących w osadach piaszczystych z drugiej.

Rozpoczęto również próby pobierania na taśmę utworów lessowych, w związku z czym nasuwają się następujące uwagi:

1. Less przykleja się do taśmy warstwą o znacznej grubości.
2. Ze względu na małe w stosunku do frakcji pyłowej powiększenie nie można stosować rzutnika jak to czyniono przy analizie piasków.

3. Taśmę z lessem należy badać pod mikroskopem względnie pod lupą binokularną i to w świetle padającym, a nie przechodzącym.

4. Stosowanie taśmy klejącej do pobierania profilów lessowych pozwala na badanie struktur sedymentologicznych w postaci warstewek, smug, poziomych koncentracji humusu, związków żelaza, manganu, oraz węglanu wapnia, często trudnych do zauważenia przy obserwacjach makroskopowych.

LITERATURA

1. Cailleux A.: Extension des actions éoliennes périglaciaires jusqu'à Moscou. C. R. somm. S. Géol. France, 11, Paris 1955.
2. Cailleux A.: L'indice d'émousse: définition et première application. C. R. somm. S. Géol. France, 13, Paris 1947.
3. Cailleux A.: Morphoskopische Analyse der Geschiebe und Sandkörner und ihre Bedeutung für die Paläoklimatologie. Geol. Rundsch., B 40, H. 1, 1952.
4. Caire A., Cailleux A.: Morphoscopie des roches grisenses de la région de Biban (Constantine, Algérie). Extr. du Bull. Soc. Géol. France, VII, 1957.
5. Czetwierikow S. D.: Metody badań optycznych minerałów i skał. Warszawa 1955.
6. Krygowski B.: Bericht über eine neue Methode der Selektion der Sandkörner nach ihrem Rundungsgrade (O nowej metodzie rozdzielania ziarn piasku według stopnia ich zaokrąglenia). Arch. Prac. Min. TNW, t. 13, Warszawa 1937.
7. Krygowski B.: Badania nad czwartorzędowym materiałem klastycznym przy pomocy metod geologiczno-petrograficznych (Untersuchungen klastischer quartärer Materiale mittels geologisch-petrographischer Methoden). Bull. de l'Ac. Pol., de Sc. et Lett. cl. Sc. Math. et Nat. S. A., Cracovie 1938.
8. Krygowski B.: Granulometria w badaniach czwartorzędowych w Polsce (Granulometric methods of investigation of Quaternary deposits in Poland). I. G. Biul., 70, Warszawa 1955.
9. Morawski J.: Metoda badania morfologii ziarn piasku za pomocą powiększalnika fotograficznego (Morphological Analysis of Sand Grains by a Photographic Enlarger). Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sec. B, vol. X, Lublin 1955.
10. Morawski J.: Znaczenie morfologii ziarn kwarcu dla badań terenowych. Przegl. Geol. 1956, z. 2, Warszawa 1956.
11. Nowicki A. J.: Kilka uwag o metodzie pobierania i o zastosowaniu profili utrwalonych. Przegl. Geol. 1963, z. 2, Warszawa 1963.
12. Pécsi M., Pécsine D. E.: Elemző módszer a kalmazás a geomorfológiai kutatásban. Földt. Értesítő. VIII. Budapest 1959.
13. Pożaryska K.: Muzeum Geisetalckie. Kosmos, s. A, z. 1, Warszawa 1958.
14. Racinowski R.: O granulometrii osadów klastycznych okolic Biłgoraja (Sur la granulométrie des dépôts chlastiques des environs de Biłgoraj). Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sec. B, vol. XIII, Lublin 1959.

15. Racinowski R., Rzechowski J.: Próba wykorzystania stopnia obtoczenia ziarn skalnych dla genetycznej klasyfikacji osadów plejstoceńskich (An Attempt at Using the Degree of Rounding of Rocky Grains for the Genetic Classification of the Pleistocene Deposits). Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sec. B, vol. XIII, Lublin 1959.
16. Racinowski R., Rzechowski J.: Z badań nad granulometrią osadów plejstoceńskich okolic Chełma Lubelskiego (On the Granulometric Investigations of Pleistocene Deposits Found in the Environs of Chełm Lubelski). Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sec. B, vol. XIV, Lublin 1960.
17. Rutkowski E.: Pobieranie profilów utrwalonych. Przegl. Geol. 1960, z. 4, Warszawa 1960.
18. Skompski S., Słowański W.: Nowy przyczynek do znajomości osadów interglacjalnych Żoliborza. Kwart. Geol. 1961, z. 2, Warszawa 1961.
19. Syniewska J.: Próba analizy piasków środowiska wodnego i eolicznego. Kosmos. ser. A., t. 54, Lwów 1929.
20. Szádeczky-Kardoss E.: Die Bestimmung des Abrollungsgrades. Zentralblatt Miner. Abt. B, N. 7, 1933.
21. Szádeczky-Kardoss E.: Adatok a görgetési határ Kérdéséhez. Földt. Közl. 1935, Budapest 1935.
22. Szádeczky-Kardoss E.: Geologie der Rumpfung-arländischen kleinen Tiefebene. Sopron 1938.
23. Trembaczowski J.: Próba wyjaśnienia pochodzenia piasków plaży i wydmy w Puławach (Origin of the beach and dune sands in Puławy). Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sec. B, vol. III, Lublin 1948.
24. Trembaczowski J.: Profil dyluwialny w Klementowicach koło Puław (Diluvialprofil in Klementowice bei Puławy). Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sec. B, vol. VII, Lublin 1952.
25. Turnau-Morawska M.: Petrografia skał osadowych. Warszawa 1954.
26. Wadell H.: Volume Shape and Roundness of Rock Particles. Journal geol., vol. XI, 1932.
27. Wentworth Ch. K.: A Laboratory and Field Study of Pebble Abrasion. Journal geol., vol. 27, 1919.
28. Wistelius A. B.: Morfometria obłomoczných czastic. Trudy Lab. Arerometodow, t. IX, Moskwa 1960.

РЕЗЮМЕ

Исследования гранулометрии и морфологии зерна кластических отложений, развивающиеся очень быстро с момента появления работ Х. К. Уэнтуорта (1919 г. поз. 27), Уаделя (1932 г. поз. 26), Э. Садецкого-Кардосса (1933 г. поз. 20, 21, 22) и продолжаемые А. Каз (1, 2, 3, 4), имеют большое значение для решения многих географических и геологических проблем. Из польских авторов первые исследования этого типа начала Я. Сыневска (1929 г. поз. 19). Многие более поздние работы доставили много убедительных материалов, ценных и в методическом отношении (6, 7, 8, 9, 10, 14, 15, 16, 23, 24).

Скальный материал, который обычно анализируется, происходит из проб и буровых скважин и представляет собой слои определенной мощности. Результаты анализов, полученные из обработки материала, взятого указанным выше способом, представляют средние величины для всего слоя, из которого была взята проба. Так как этот материал смешан, то он не представляет ценности для исследований в структуре отложения.

Исходя из вышеуказанных обстоятельств, авторы сделали попытку применить прозрачную, клеящуюся ленту для взятия из геологического разреза в поле пробу с ненарушенной структурой. Проведенный эксперимент имел целью доставить материал, по мере возможности пригодный для всесторонних исследований зерен в их натуральном сложении.

Для этого применялась прозрачная клеящаяся лента швейцарского производства марки „Целлукс” (Cellux) шириной 16 мм. Профили брались из предварительного тщательно расчищенных обнажений песков дюны и речной песчанистой террасы (Сандомирская низменность).

Лента, приложенная осторожно к обнажению, была затем подвержена влиянию поступающего снизу вверх нажима, чтобы обеспечить сильное прилипание к ней наружных зерен. Таким образом получен наклеенный на ленту профиль, который можно свернуть зерном внутрь и из-за его малых размеров и веса (около 2—4 дкг) можно легко транспортировать. Взятие метрового отрезка профиля выше описанным способом длится около 7 минут.

Располагая наклеенным на ленту профилем, мы можем исследовать его под бинокулярной лупой. Однако, благодаря тому, что зерна прилипают к ленте лишь одним слоем на всей ее поверхности, мы имеем возможность осматривать зерна в переходном свете. Чтобы облегчить измерение и подсчеты, авторы применили метод проекции. Для этого был использован проекционный аппарат марки Карл-Цейсс-Ена при увеличении в 50 раз. Анализировался освещенный из противоположного направления образ проектируемый на матовый экран. Чтобы получить ясный и пластичный образ, на анализированные фрагменты ленты накладывался слой глицерина (при кратковременных наблюдениях) или же бесцветный лак (прочный препарат).

В качестве примера проводились следующие анализы: гранулометрический состав, морфология зерна и упрощенный минералогический состав.

Гранулометрический состав подсчитан на площади 10 очередных прямоугольников размером 25×50 см, что соответствует на ленте

площадям размерами 5×10 мм. В сумме проведены подсчеты для 5 см длины ленты, соответствующей слою мощности 5 см геологического разреза в поле, где была взята одновременно проба для анализа методом решеток. Измерения на экране проводились шаблоном (рис. 2). Результат анализа решетом (весовой %) близок средним величинам, полученным на основе измерений на экране (% поверхности). Но существуют различия гранулометрического состава в пределах отдельных прямоугольников (Табл. 1, рис. 1).

Одновременно с указанными измерениями проводился анализ окатанности и морфологии поверхности зерен кварца (табл. 2, рис. 3), а также упрощенный анализ минералогического состава (Табл. 3, рис. 4). Применение метода проекции с клеящейся ленты показало резкую дифференциацию в одном слое 5 см мощности.

Рассматриваемый метод может оказаться пригодным в исследовании микроструктур песчанистых отложений, а также мелких прослоек песков в лессах и пылеватых образованиях.

S U M M A R Y

Since the publication of papers by Ch. K. Wentworth (27), H. Wadell (26), E. Szádeczky-Kardoss (20, 21, 22), there has been an increasing interest in granulometric analysis and the analysis of grain morphology of clastic sediments. The studies initiated by the above mentioned authors have been continued and extended by A. Cailleux (1, 2, 3, 4).

In Poland, the first granulometric studies were initiated by Syniewska (19) and later publications of various authors (6, 7, 8, 9, 10, 14, 15, 16, 23, 24) contributed to our knowledge of granulometry and the methods used.

The material for morphology of grain and granulometric analyses comes from samples which represent a certain layer of a definite thickness (in exposures or borings). The results of analyses, therefore, show an average value pertaining to the layer where the sample came from. The techniques of sampling, commonly in use, involve inevitable mixing of grains and the samples are not suitable for a combined granulometric and structural analysis.

In order to obtain undisturbed material for analysis the authors collected samples by means of an adhesive and transparent tape. The tape used was „Cellux” made in Switzerland.

The samples were taken from carefully cleaned sections through dune sands and river deposits of the Sandomierz Lowland. The tape was first stuck fast to the surface of a chosen section. Then, beginning from its lower part, the tape was gently pressed against the exposed surface. The procedure adopted allowed to collect the undisturbed sections fastened to the tape and it took only 7 minutes to take a section 1 m long. The sections collected were rolled up and, because of their insignificant weight and small dimensions, they were easy to carry.

The tapes coated with a single layer of sand may easily be examined under a binocular microscope.

To facilitate the measurements and computations the authors used a Zeiss projector throwing the enlarged images ($50\times$) of the sections upon a focusing screen.

In order to obtain a clear and plastic picture the examined tapes coated with sand were covered with a layer of glycerine or colourless lacquer.

To test the method the following analyses were carried out; 1 — grain size analysis (Table I, Fig. 1); 2 — morphology of grains (Table 2, Fig. 3); 3 — calculations of major mineral constituents (Table 3, Fig. 4).

The method discussed may turn out to be of importance for the examination of microstructures in sandy sediments and sandy intercalations in loess. The present writers have been also investigating the application of the adhesive tape for examining the loess, silty, and argillaceous deposits.

