

WŁADYSŁAW BOBROWSKI

## OCENA WIELKOŚCI I STOPNIA OTOCZENIA ZIARN SKALNYCH

Głównym postulatem badań wykonywanych przez różnych obserwatorów na różnych — często odległych terenach — jest porównywalność wyników. W tym artykule zamierzam przedstawić sposoby określania stopnia otoczenia ziarn (odłamków skalnych). Wiąże się to często ze sprawą wielkości ziarn. Zagadnienie ustalania wielkości ziarn i podziału ich według pewnego systemu nie jest sprawą nową. W tabeli I podaję szereg różnych sposobów ujęcia tego przedmiotu traktowanego dość rozmaicie przez różnych autorów.

Obserwując ten stan rzeczy istniejący w dziedzinie klasyfikacji ziarn pod względem ich wielkości oraz stosowania licznych różniących się klasyfikacji, dochodzi się do wniosków, że ze wszech miar jest pożądane wprowadzenie jednolitego podziału. Sytuację na tym odcinku można zilustrować obrazowo przykładem pomiaru długości przed i po wprowadzeniu metrycznego systemu miar. Chwilę obecną, gdy chodzi o podział ziarn pod względem wielkości, można by porównać do okresu przed wprowadzeniem systemu metrycznego, gdy było wiele różnych miar długości, jak: sążnie, łokcie, stopy, pręty itd. Kwestia ustalenia powszechnie przyjętego sposobu klasyfikacji ziarn oraz używanych do tego celu sit będzie niewątpliwie, może nawet w niedalekiej przyszłości załatwiona wskutek uzgodnienia norm państwowych w skali światowej. Pragnąc jednak już obecnie przyjąć pewną choćby nawet prowizoryczną podstawę do dalszych rozważań, musimy zdecydować się na przyjęcie jednego z istniejących systemów.

W tabeli I zestawiono 32 podziały (schematy) uziarnienia, co bynajmniej nie jest wyczerpujące. Rzut oka na tę tabelę pozwala się przekonać, że tak nomenklatura, jak i wielkość ziarn, przyjęta przez różnych autorów w ich klasyfikacjach, są dość rozbieżne. Niektóre tylko granice wykazują większą zgodność. Na przykład w większości podziałów (24 na 32) ziarna o średnicy powyżej 2 mm zaliczono do żwirów, poniżej zaś — do piasków. W innych klasyfikacjach zaliczono do żwirów już ziarna o średnicy powyżej 1 mm.

Granica między piaskiem a pyłem (aleurit, Schluff, silt, Mehl, Mo, pył) jest mniej dokładnie określona, większość jednak autorów przyjmuje granicę między 0,1 a 0,5 mm.

Górną granicę łków, które u większości autorów figurują zresztą pod dość rozbieżnymi nazwami, można prawie ściśle ustalić między 0,002 a 0,001 mm.

Inne granice poszczególnych klas i frakcji wykazują jeszcze większe odchylenia. Trudno przeto mówić o istnieniu jednolitej klasyfikacji, która jest nam potrzebna do uzyskania porównywalnych oznaczeń wielkości ziarn. W tej sytuacji wydaje się korzystniejsze przyjęcie jednej ze znanych klasyfikacji niż tworzenie nowej, dla której konieczne byłoby opracowanie nowych sit i innych przyrządów.

W dalszych rozważaniach będę się opierał na skali Wentwortha, którą wybraliśmy z następujących powodów:

1. Skala ta jest logiczna i wielokrotna, a przez to łatwa do zapamiętania, gdyż znając punkt jej wyjścia — ziarno o 1 mm średnicy i mnożnik lub dzielnik równy 2 (zależnie od tego, czy zdążamy ku ziarnom mniejszym czy większym), możemy sobie całą skalę łatwo odtworzyć, gdy tymczasem inne skale wymagają większego wysiłku pamięci. Zaznaczyć przy tym należy, że w razie potrzeby w skali Wentwortha — prócz klas uziarnienia wynikających z mnożnika 2 — możemy dość łatwo uzyskać dalsze przedziały, wprowa-

dzając dodatkowo np. średnice ziarn  $\frac{5}{8}$  mm lub  $\frac{15}{16}$  mm.

2. Skala ta jest opublikowana w szeregu różnorodnych podręczników. W języku polskim jako jedyna skala występuje w „Geologii dynamicznej” Mariana Książkiewicza. Przyczynia się to do powszechnej jej znajomości. Ma ona jednak niedogodność, która polega na tym, że granice między poszczególnymi klasami ziarn przypadają na liczby nie zaokrąglone w układzie dziesiętnym.

Prawidłowe rozwiązanie można by osiągnąć przez przyjęcie skali Wentwortha i dostosowanie do tego podziału systemu sit lub też przez wprowadzenie innego współczynnika wielokrotności, lepiej dostosowanego do skali dziesiętnej. Przyjmując do dalszych rozważań skalę Wentwortha, czynimy to jedynie dla ich uproszczenia i prowadzenia ich na konkretnych przykładach. Oczywiście w wypadku, gdyby została przyjęta inna klasyfikacja uziarnienia, nic nie stoi na przeszkodzie przejściu na nowy system. Zmieniają się bowiem tylko wielkości liczbowe, tak zaś dalszego rozumowania zapewne nie ulegnie zmianie.

W zapiskach geologów, górników i innych pracowników często znajdujemy określenia: „piasek gruboziarnisty, ostrokrawędzisty” lub „żwir drobnoziarnisty, silnie otoczony” itd. Wiemy, że zwykle określenia te są podawane przez autora zapisku na podstawie makroskopowej, subiektywnej oceny, bez użycia jakichkolwiek, nawet najprostszych środków umożliwiających ocenę obiektywną. Przeglądając tabelę I widzimy, że nawet bardzo sumienny pracownik terenowy nie potrafiłby dać ocen, które by można bez zastrzeżeń porównywać z zapiskami innego geologa, gdyż mogli oni posługiwać się klasyfikacjami opartymi na różnych zasadach. Dlatego też zamierzam omówić sposób oceny wielkości i stopnia otoczenia ziarn.

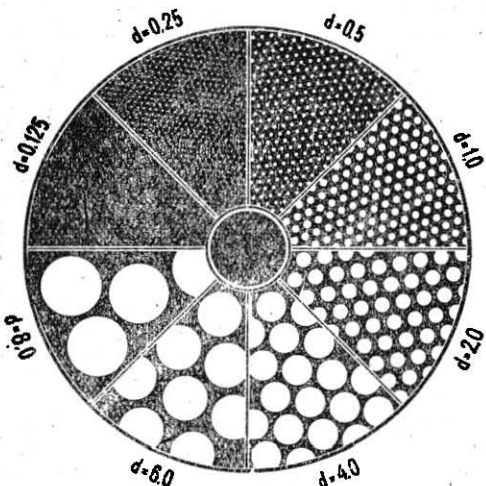
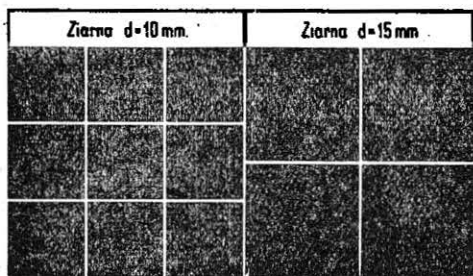
Szwiecowa (10) podaje tablicę Wasilewskiego służącą do praktycznego określania wielkości ziarn w terenie (rys. 1). Na rysunku tym widzimy dwa współśrodkowe koła, przy czym pierścien między nimi jest podzielony na wycinki. Obserwując oryginalną tabelę Wasilewskiego widzimy, że jest ona również wielokrotna dla ziarn o wielkości od 0,25 do 2 mm. Pokrywa się ona w tym przedziale z podziałem Wentwortha (tab. I).

Dla podniesienia zalety wielokrotności całej tablicy Wasilewskiego uczyniłem drobną jej modyfikację, polegającą na wprowadzeniu zasady wielokrotności układu dla dalszych pól w sposób ujęty na rys. 1.

W każdym wycinku tabeli zaznaczono graniczne dla danej klasy wielkości ziarn. Jeżeli więc umieścimy próbkę badanego piasku czy żwiru w kole wewnętrznym, dość łatwo możemy ustalić przedział, do którego należy zakwalifikować badaną próbkę, zwłaszcza gdy mamy do czynienia z próbką o ziarnach równej wielkości. Ziarna drobne należy porównywać z tą skalą za pomocą lupy.

Przy badaniach próbki zawierającej ziarna o różnej wielkości istotne staje się ustalenie wzajemnego stosunku ziarn poszczególnych klas. Ustalić go można przesiewem przez odpowiednio dobrany komplet sit. Z własnej praktyki wiem, że analizy takie są możliwe nawet przy dość prymitywnym wyposażeniu. Trzeba przy tym zaznaczyć, że wygodniejsze w praktyce terenowej może być określanie objętości ziarn każdej klasy w wodzie w cylindrze miarowym, niż przez stosowanie wagi. Badania takie mogą być prowadzone

w terenie w określonych wypadkach wynikających z charakteru i etapu tych prac. Podkreślić należy, że chodzi tu nie tylko o pracę o praktycznym, technicznym czy surowcowym charakterze, posiadanie bowiem szeregu konkretnych danych co do składu uziarnienia



Rys. 1

próbek, pobranych z pewnej ilości odpowiednio dobranych punktów, może niekiedy pozwolić na określenie np. kierunku, w którym wymiary ziarn zmniejszają się, i oprócz na tej podstawie wnioski co do kierunku ich transportu. Na takich danych można również oprócz inne podobne wnioski.

Dalsze, może nawet bardziej interesujące wnioski można wyciągnąć z kształtu ziarn i stopnia ich otoczenia. Pojęcia kształtu ziarna i stopnia jego otoczenia nie zawsze są dość ściśle odróżniane, jakkolwiek są to odrębne pojęcia. Kształt ziarna jest wynikiem nie tylko czynników powodujących otoczenie, lecz dość ściśle wiąże się z charakterem skały macierzystej, jej spękaniami, uławiczeniem, oddzielnością itd. Jest rzeczą oczywistą, że np. karpackie płaskowce fliżowe, często rozpadające się wzdłuż uławiczenia na płaskie płytki, są tym samym predestynowane do otoczenia na płasko, przy czym naroża i krawędzie wprawdzie ulegną zaokrągleniu, ale zachowa się płaski kształt płytki. W przeciwieństwie do tego inne jakiejś skały w związku ze swą bardziej równomierną budową mogą dzielić się bardziej równomiernie, dzięki czemu ułamki tych skał będą regularniejsze, a otoczaki będą zbliżone do kuli.

Na wielkość, kształt i otoczenie okrucha wpływa cały szereg czynników związanych ze składem mineralnym skały, sposobem i długością transportu itd., przy czym czynniki te są nader zróżnicowane i wypada je raczej traktować jako pewne kompleksy czynników. Przykładowo można wspomnieć, że na obrobienie krawędzi i naroży odłamka skały wpływa nie tylko posuwanie się czy toczenie tego odłamka po podłożu, np. po dnie rzeki, ale i szlifowanie większych

odłamków (bloków, otoczków) przez materiał drobniejszy, a także wzajemne szlifowanie się różnych unoszonych ziarn, znajdujących się w stosunku do siebie w ruchu względnym.

We wszystkich wypadkach następuje mechaniczne obrobienie ziarn przez ich ścieranie, kruszenie itp. w stopniu odpowiadającym odporności danego ziarna na działanie czynników mechanicznych. Odporność ta zależy z kolei od charakteru litologicznego ziarna, stopnia jego zwietrzenia itp. Jeżeli dodamy do tego zmiany w czasie i przestrzeni, szybkość prądu czynnika unoszącego ziarna skalne (wody, powietrza), to zorientujemy się z grubsza, jak różne i niezależne są czynniki, które wpływają na wielkość, kształt i stopień otoczenia ziarn skalnych.

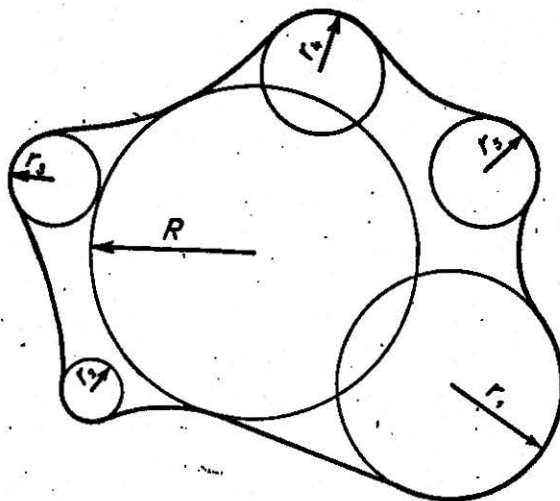
Gdy mówimy o kształcie ziarn, niejednokrotnie spotykamy określenia: ziarno „kuliste”, „płaskie” lub „wrzecionowate”. Sprawą szczegółowego podziału kształtu ziarn nie będziemy się zajmować zaznaczając, że do szeregu podreżników wszedł podział zaproponowany w r. 1935 przez T. Zingga. Podział ten, oparty na stosunkach między długością, szerokością i grubością (wysokością) ziarn, uwzględnia cztery postacie:

- dysk
- kula
- płytko
- wrzeciono.

Stopień otoczenia wyraża się natomiast stosunkiem ostrości naroży i krawędzi do wielkości ziarna. Pojęcia kształtu i otoczenia są więc różnymi pojęciami, niestety czasem nie dość ściśle rozróżnianymi. W każdym razie można ułożyć szereg ziarn o różnym stopniu otoczenia a podobnej postaci oraz o jednakowym stopniu otoczenia mimo zupełnie różnego kształtu.

Adnotacje dotyczące otoczenia ziarn dość powszechnie wyróżniają ziarna ostrokrawędziste, słabo lub silnie otoczone, przy czym niekiedy stopnie otoczenia oznaczane są odpowiednimi cyframi lub umownymi znakami.

Ścisłą definicję „okrągłości”, którą w dalszym ciągu będę nazywał stopniem otoczenia lub krócej otoczeniem, podał Wadeł w 1932 r. Definicja jego wyraża się stosunkiem średniej wielkości promienia koła, które można wpisać w zaobserwowane na rozpatrywanym przekroju naroża (ri) do największego promie-



Rys. 2

nia  $R$  koła wpisanego w badany przekrój. Definicję tę zilustrowane wzorami można znaleźć u Szwiecowa (10), Pettijohna (7) i Krumbeina (3). Badane ziarno ustawia się tak, aby obserwator widział jego największą zwróconą ku sobie powierzchnię, tzn. że dwa

największe wymiary badanego ziarna powinny być ustawione w płaszczyźnie prostopadłej do prostej, poprowadzonej między środkami badanego ziarna a okiem badającego.

Definicja otoczenia (zaokrąglenia) podaje więc:

zaokrąglenie =

promień maksymalnego wpisanego koła  
przeciętny promień krawędzi i naroży.

Z definicji tej wynika, że im mniejsze są promienie kół, jakie uda się nam wpisać w obserwowane naroża (rys. 2), a im większy jest promień maksymalnego koła wpisanego w obserwowane ziarno, tym stopień otoczenia jest mniejszy.

nienia pierwotnego obrazu. Czynniki te należy oczywiście notować w celu określenia ich charakteru, zakresu działania i odpowiedniego przeanalizowania zebranego w ten sposób materiału obserwacyjnego. Czynniki takie nie powinny jednak wpływać hamująco na stosowanie ściślejszych metod określania pewnych cech skał, lecz przeciwnie, powinny pobudzać do jeszcze dokładniejszego ujęcia obserwowanych, a nie dość ściśle określonych zjawisk.

Jeżeli merytorycznej stronie przedstawionego sposobu postępowania nie postawiono by może poważniejszych zastrzeżeń, to można się ich obawiać, gdy chodzi o techniczną stronę przeprowadzenia oceny

## STOPNIE OTOCZENIA

Tabela II

Nazwa klasy	Russel i Taylor		Pettijohn	
	Granice klasy	średnia	Granice klas	średnia
Ziarna ostrokrawędziste	0,0 do 0,15	0,075	0,0 do 0,15	0,125
Ziarna mniej ostrokrawędziste	0,15 do 0,30	0,225	0,15 do 0,25	0,200
Ziarna słabo otoczone	0,30 do 0,50	0,400	0,25 do 0,40	0,315
Ziarna otoczone	0,50 do 0,70	0,600	0,40 do 0,60	0,500
Ziarna dobrze otoczone	0,70 do 1,0	0,850	0,60 do 1,00	0,800

Pettijohn podzielił za Russellem i Taylorem ziarna w zależności od stopnia ich otoczenia na 5 klas, a mianowicie:

1. ziarna ostrokrawędziste (angular)
2. „ mniej ostrokrawędziste (subangular)
3. „ mało otoczone (subrounded)
4. „ otoczone (rounded)
5. „ dobrze otoczone (well rounded).

Granice ziarn poszczególnych klas, podanych według Russela i Taylora oraz Pettijohna, zamieszczoną w tabelicy 2.

Po omówieniu pojęcia wielkości ziarn oraz stopnia ich otoczenia spróbujmy podać, co powinno się rozumieć pod pojęciem piasku „średnio ziarnistego, dobrze otoczonego“, jeżeli za podstawę klasyfikacji stopnia otoczenia przyjęliśmy podział podany przez Pettijohna, a uziarnienia — podział Wentwortha. Odpowiemy, że piaskiem takim jest piasek o uziarnieniu od 0,5 do 0,25 mm i stopniu otoczenia 0,6 do 1.

Podobnie jako „drobnoziarnisty, słabo otoczony żwir“ rozumieć będziemy żwir składający się z ziarn o wielkości 4—8 mm i stopniu otoczenia 0,25 do 0,4. Określenie stopnia otoczenia sprowadza się przeto do określenia:

średniej wielkości promieni naroży  
wielkości maksymalnej koła wpisanego w badane ziarno.

Znając te dwie wielkości dla każdego ziarna, możemy przy odpowiednim jego zorientowaniu (ustawieniu w stosunku do obserwatora) określić cyfrowo wielkość stopnia jego otoczenia.

Istnieją jednak czynniki, które częściowo zakłócają przedstawiony obraz. Z czynników takich wymieniamy późniejsze kruszenie się otoczonych ziarn, rozpad ziarn na skutek ich wietrzenia, korozję ziarn i wszelkie inne tego rodzaju procesy wtórne, które utrudniają wyciągnięcie pożądaných wniosków wskutek zaciem-

w terenie, a nawet w laboratorium. Obawy takie wyraża m. in. Szwiecow zaznaczając, że pomiar jest kłopotliwy i żmudny.

Wydaje się jednak, że sprawy pomiaru zaokrąglenia ziarn nie należy traktować w sposób generalny, lecz biorąc pod uwagę z jednej strony celowość podjęcia takich prac, a z drugiej — określając, w jakich warunkach przeprowadzenie ich jest łatwiejsze lub trudniejsze.

Sprawę trudności oceny zaokrąglenia rozważymy przykładowo dla ziarn różnych wielkości. Wydaje się bowiem, że w technice określania stopnia otoczenia ziarn skalnych nie bez znaczenia jest wielkość tych ziarn. Łatwiej jest bowiem dokonać makroskopowych obserwacji na ziarnach grubszych niż na drobnych, przy czym poczynając od pewnej ich wielkości określanie cech bez użycia coraz to większych powiększeń nie może być przeprowadzone (porównaj uwagę przy tabelicy Wasilewskiego). Wpada przeto stosować zdjęcia fotograficzne i prowadzić dalsze oznaczenia na powiększeniach lub też prowadzić prace bezpośrednio pod lupą albo mikroskopem za pomocą odpowiednio opracowanej metody.

Jak z tego wynika, trudno w terenie zająć się badaniem stopnia otoczenia ziarn drobnych, możliwe to jest dla ziarn grubych, a to dlatego, że dla ziarn grubych nie musimy stosować powiększeń. Podkreślić też trzeba, że dla zbadania takiej samej ilości ziarn drobnych i grubych — a co za tym idzie dla otrzymania tego samego stopnia dokładności badania — trzeba wziąć znacznie większą próbkę frakcji grubszych (żwir) niż drobniejszych (piasek). Z tego względu frakcje grube powinny być przede wszystkim zbadane w terenie, gdyż w przeciwnym razie grozi obciążenie pomieszczeń pracownianych zbędnymi próbkami o dużej objętości.

Problem braku czasu może nie powinien być tu rozważany. Trzeba jednak zauważyć, że jeśli dąży się do szybkiego otrzymania wyników, to korzystniejsze jest przeprowadzenie takich badań od razu w terenie,

na co nie powinno się zużyć więcej czasu niż przy opracowaniu ich przez geologa po powrocie do pracowni. Zaznaczyć trzeba, że w tym ostatnim wypadku dochodzi szereg niekoniecznych czynności dodatkowych, jak opakowanie próbek, ich transport itd., a przecież czas potrzebny na te czynności może być wykorzystany bardziej celowo.

Wracając do badania grubszych ziarn skalnych przy użyciu bardziej ścisłych metod, wydaje mi się, że problem ten z punktu widzenia geologicznego jest szczególnie interesujący. Ziarna duże, to nie tylko ziarna kwarcu i innych minerałów najodporniejszych na niszczenie, które z reguły znajdują się w przewadze we frakcjach drobniejszych, ale także są okru-

chy skał. Takie okrucy skalne reprezentują skały macierzyste znacznie wierniej niż po rozdrobnieniu. Grube ziarna żwirów lub konglomeratów umożliwiają oczywiście prowadzenie różnych szczegółowych prac petrograficznych, a nawet paleontologicznych. Wypada jednak podkreślić, że zbadanie kształtu takich ziarn i stopnia ich otoczenia może w pewnej mierze pozwolić na ocenę czasu, w jakim ziarno było otaczane, a niekiedy także i na ocenę długości transportu.

Nie ulega wątpliwości, że mierzenie w terenie wielkości ziarn i stopnia ich otoczenia stanowi dodatkowe obciążenie pracownika, mimo to pomiar taki wydaje się możliwy zwłaszcza dla ziarn grubszych. Przeprowadzenie takich pomiarów może nie być tak kłopotliwe, jak się to zrazu wydaje.

#### LITERATURA

1. Bendel L. — Ingenieurgeologie. Wien 1949.
2. Keil K. — Ingenieurgeologie und Geotechnik. Halle 1951.
3. Krumbein W. C., Sloss L. L. — Stratigraphy and sedimentation. San Francisco 1951.
4. Książkiewicz M. — Geologia dynamiczna. Warszawa 1951.
5. Linsley R. K., Kohler M. A., Paulhuss J. L. H. — Applied hydrology. New York, Toronto, London 1949.
6. Mielnicki St. — Materiały budowlane. Kraków 1951.
7. Pettijohn F. J. — Sedimentary rocks. New York 1949.
8. Połowinkina i i. (praca zbiorowa) — Struktury gornych porod. Moskwa 1948.
9. Skalmowski W. — Naturalne materiały kamienne w budownictwie drogowym. Warszawa 1937.
10. Szwiecow M. S. — Petrografia osadoczych porod. Moskwa 1948.
11. DIN — Norma nr 1179.
12. PN — B, nr 352.