

Z Zakładu Geologii Wydziału Biologii i Nauk o Ziemi UMCS
Kierownik: prof. dr Czesław Pachucki

Jan MORAWSKI

**Charakterystyka mineralno-petrograficzna oraz morfometria piasków
i żwirów z wybrzeża wyspy Wolin**

**Минерало-петрографическая характеристика и морфология песков
и гравия из побережья острова Волин**

**A Mineralogic, Petrographic and Morphometric Characteristic
of Sand and Gravels from Wolin Island**

W okresie letnim 1960 r. autor poczynił szereg obserwacji na odcinku wybrzeża wyspy Wolin rozciągającym się pomiędzy Chorzelinem a wysokim klifem w Międzyzdrojach, których wyniki zamieszczone są w niniejszej pracy. Obserwacje dotyczą: — 1) ułożenia żwirów i otoczaków w strefie plaży, objętej zasięgiem falowania, 2) procesu staczania żwirów przez fale morskie, 3) składu mineralnego i mechanicznego oraz obróbki ziarn piasków z plaży i wydm oraz z wysokiego klifu Wolina, 4) składu petrograficznego i morfometrii żwirów plażowych.

Na brzegu morza występują różnego rodzaju osady klastyczne, głównie w postaci: piasków, żwirów i otoczaków. Na skutek działalności fal morskich, wdzierających się na brzeg, zwłaszcza w czasie sztormów — osady te gromadzą się na plaży zwykle blisko linii wodnej, tworząc pokrywy żwirowe a niekiedy także tak zwane „rożki nadmorskie” (ryc. 2). Plaża, która wg M. W. Klenowej (22) jest płaszczyzną brzegu zalewaną falami w czasie sztormów, może ulegać procesowi częściowej abrazji, wtedy powstają na niej mikrofalezy (ryc. 4). Poza plażą na skutek wywiewania piasku, tworzy się zwykle wał wydm brzeżnych, mający często zabradowaną stronę nawietrzną (ryc. 1). Takie ukształtowanie brzegu morskiego na wyspie Wolin zostało opisane przez A. Karczewskiego i W. Stankowskiego (21, s. 139) jako typ „wydmowego wybrzeża klifowego”.

Występowanie w obrębie wybrzeża różnego rodzaju piasków i żwirów stwarza sprzyjające warunki do przeprowadzenia badań mineralno-petrograficznych i morfometrycznych nad tego rodzaju osadami klastycznymi, — to właśnie zagadnienie było celem niniejszej pracy.



Ryc. 1. Plaża pokryta wodorostami morskimi (*Fucus vesiculosus*); w głębi widoczny wał wydmy nadbrzeżnych. Okolice Międzyzdrojów
 Beach covered with *Fucus vesiculosus*. In the background a row of dunes is visible.
 The environs of Międzyzdroje.

Fot. autor



Ryc. 2. Rożki nadmorskie utworzone z piasku pokrytego żwirem.
 Międzyzdroje — okolice kąpieliska
 Beach cusps formed of sand covered with gravels.
 Międzyzdroje — the environs of the bathing place

Fot. autor



Ryc. 3. Uwarstwienie wału wydm nadbrzeżnych. U dołu skośnie ułożone ławice zapadają w kierunku morza, w stropie układ warstewek horyzontalny. Międzyzdroje.
Layering of beach dunes. At the bottom an oblique layering of sand bank sloping towards the sea. At the top a horizontal layering. Międzyzdroje.

Fot. autor



Ryc. 4. Mikrofalesza wycięta w piaskach plażowych na wybrzeżu w okolicy Międzyzdrojów.

The cliff formed in beach sands. The environs of Międzyzdroje.

Fot. autor



Ryc. 5. Zbocze wydmy porośnięte zespołem roślinnym (*Elymeto—Ammophiletum*);
okolice Chorzelina
Slope of a dune covered with plant association (*Elymeto—Ammophiletum*);
The environs of Chorzelin (village)

Fot. autor

1) UŁOŻENIE ŻWIRÓW I OTOCZAKÓW W STREFIE PLAŻY OBJĘTEJ ZASIĘGIEM FALOWANIA

Określenie położenia otoczaków i żwirów kształtu asymetrycznego, występujących na plaży przy samym brzegu morza, ma duże znaczenie, zwłaszcza dla zagadnień paleogeograficznych.

Pomiary azymutu dłuższej osi otoczaków plażowych wykonywali A. Cailleux (10), W. C. Krumbein (24) i ostatnio w okolicy

Rewala A. Karczewski i W. Stankowski (21), których obserwacje są zgodne z wynikami spostrzeżeń A. Cailleux.

W okolicy Międzyzdrojów pomiary takie dotychczas nie były wykonywane, dlatego autor wybrał cztery odcinki wybrzeża, z których dwa mają taki sam azymut linii brzegowej i wykonał na nich pomiary kierunkowego ułożenia dłuższej osi 100 otoczków, po 25 pomiarów na jednym odcinku wybrzeża. Azymuty zamieszczone są w tabeli (tab. 1), z której wynika, że kierunek dłuższej osi otoczków jest we wszystkich badanych punktach wybrzeża niemal zgodny z kierunkiem linii brzegu. J. Tricart (43, s. 189) zjawisko to tłumaczy w ten sposób, że w przypadku formacji nadbrzeżnych dłuższa oś otoczków jest równoległa do wybrzeża, ponieważ prąd wywołany jest rozbryzgiwaniem się fal, a dłuższa oś otoczków jest przeciętnie prostopadła do osi prądu.

Tab. 1. Azymuty dłuższych osi otoczków plażowych na brzegu wyspy Wolin
Azimuths of the longer axis of cobbles on the verge of Wolin Island

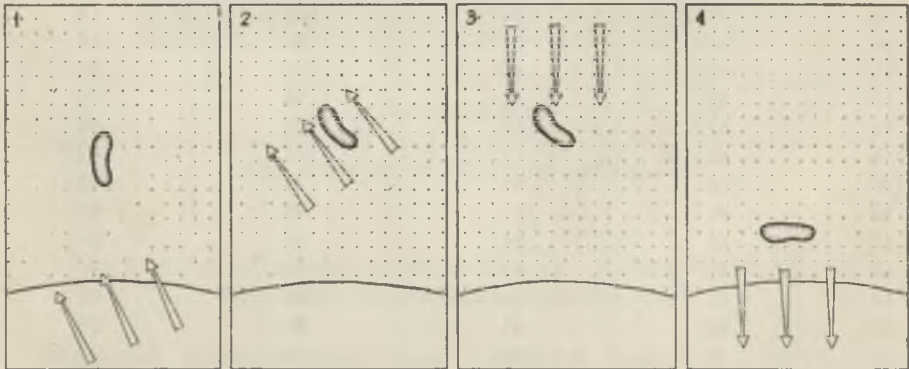
L. p.	S t a n o w i s k o — Stand			
	5	6	7	8
	Azymut linii brzegowej			
	60°	54°	60°	54°
1	45	42	9	48
2	92	87	79	60
3	78	89	72	52
4	75	42	64	62
5	81	28	57	51
6	50	54	42	45
7	78	78	63	57
8	63	63	15	44
9	78	84	108	42
10	99	87	64	41
11	88	66	72	27
12	97	79	75	72
13	71	60	77	69
14	81	72	105	57
15	105	54	90	42
16	94	51	78	51
17	51	54	72	57
18	72	91	42	48
19	68	66	48	66
20	63	51	86	15
21	59	66	63	42
22	72	68	93	60
23	82	88	54	78
24	83	77	87	58
25	75	72	77	63

2) PROCES STACZANIA ŻWIRÓW PRZEZ FALE MORSKIE

Z dokonanych na wybrzeżu obserwacji wynika, że fale morskie wyrzucają otoczaki i żwir na brzeg bezładnie, a dopiero fala powrotna usiłuje stoczyć je ponownie w kierunku morza, układając je równoległe dłuższą osią do linii brzegu. Pod wpływem działania fali wkraczającej oraz fali powrotnej pozycja otoczków znajdujących się w strefie zasięgu fal ulega ciągłej zmianie i po pewnym czasie, otoczaki, które mają wydłużony kształt, przyjmują pozycje mniej więcej równoległą do linii brzegu. Aby wyjaśnić mechanizm tego zjawiska powtarzałem kilkadziesiąt razy następujące doświadczenie; na plaży w odległości około 2 m od brzegu układałem silnie wydłużony otoczek osią dłuższą prostopadle lub prawie prostopadle do linii brzegu, nadbiegająca fala uderzała w otoczek zwykle pod pewnym kątem i zawsze zmieniała przynajmniej częściowo jego położenie. Natomiast fala powrotna mająca kierunek mniej więcej prostopadły do linii brzegu starała się otoczek stoczyć w kierunku morza, obracając go dookoła dłuższej osi.

Doświadczenie to ilustruje zamieszczony niżej schematyczny rysunek (ryc. 6) przedstawiający kolejne stadia położenia dłuższej osi otoczaka w stosunku do linii brzegu, zmieniające się pod wpływem działania fal morskich.

Analiza azymutów osi dłuższej otoczków może w wielu przypadkach być pomocna do wyznaczenia linii brzegu, gdy badamy osady plażowe dawnych mórz.



Ryc. 6. Rysunek przedstawiający zmianę położenia asymetrycznego otoczaka pod wpływem działania fal morskich

The picture showing a change in the situation of an asymmetric cobble, caused by the activity of waves

3) SKŁAD MINERALNY I MECHANICZNY ORAZ OBRÓBKA ZIARN PIASKÓW Z PLAŻY I WYDM ORAZ WYSOKIEGO KLIFU WYSPY WOLIN

Na odcinku wybrzeża ciągnącym się pomiędzy Chorzelinem a wysokim klifem w Międzyzdrojach, pobrano do badań mineralogicznych i morfometrycznych szereg próbek piasku, których lokalizacja przedstawiona jest na ryc. 7.



Ryc. 7. Rozmieszczenie stanowisk, z których pobierano próbki osadów plażowych i nawianych w zachodniej części wybrzeża wyspy Wolin
The situation of stands in which samples of beach sands and those brought by the wind are taken (the western part of Wolin Island)

Próbki piasków plażowych zostały zebrane z plaży z odległości około 1 m od linii brzegu, a próbki piasku nawianego z górnej części wału wydm nadbrzeżnych, przylegających bezpośrednio do plaży. Odstęp po-

Tab. 2. Udział minerałów ciężkich w piaskach plażowych, nawianych i z wysokiej części wyspy Wolin. Procenty wyrażone w stosunkach objętościowych
The proportion of heavy minerals in beach sands, dune sands, and those belonging to the higher part of Wolin Island

Minerał	N u m e r y p r ó b e k p i a s k u										
	1	1a	3	3a	5	5a	7	7a	10	11	12
Granat	12,6	35,1	25,7	36,2	11,2	30,2	23,9	37,6	34,6	17,0	34,7
Dysten	1,3	7,7	6,9	5,7	5,7	4,0	7,8	11,1	2,6	10,3	7,9
Turmalin	—	3,0	3,7	2,8	2,4	5,9	12,1	3,1	2,6	3,8	4,5
Cyrkon	1,1	7,7	4,0	3,9	1,3	1,2	3,0	2,5	2,8	3,1	9,2
Staurolit	2,7	1,9	3,2	3,4	—	2,6	7,8	2,9	6,5	2,0	—
Epidot	1,1	3,5	0,8	0,9	3,6	2,1	4,4	1,6	—	—	3,9
Amfibol	39,1	13,6	21,8	7,7	31,7	29,0	14,0	11,0	17,6	24,5	8,8
Piroksen	4,3	1,1	2,1	1,7	7,1	4,4	4,6	3,1	1,3	2,5	—
Min. nieprzeżr.	36,7	24,5	28,5	35,7	28,9	15,0	17,9	23,4	29,2	33,4	23,7
Rutyl	1,1	1,9	1,9	2,0	3,1	1,6	4,5	1,6	2,8	1,3	7,5
Biotyt	—	—	1,6	—	5,0	3,3	—	2,1	—	2,1	—

między poszczególnymi stanowiskami wynosił nieco więcej niż 2 km. Stanowiska, z których pobierano próbki piasków zostały oznaczone na rycinie kółeczkami i trójkątami.

Piaski plażowe z Międzyzdrojów były już badane przez E. Sawicką (39), która analizowała dwie próbki (jedna z próbek pobrana została z piasku plażowego zawierającego ciemną smugę). Badania te dotyczyły minerałów ciężkich w piaskach plażowych polskiego wybrzeża Bałtyku. Jak wiadomo eksploatacja minerałów ciężkich z piasków plażowych (32, str. 237) sięga XVIII w., a minerały te używane były do ostrzenia i polerowania.

E. Sawicka stwierdziła we frakcji ziarn o średnicy 0,09—0,2 mm obecność następujących minerałów: aktynolitu, apatytu, augitu, chlorytu, cyanitu, cyrkonu, epidotu, granatu, hornblendy, rutilu, staurolitu, turmalinu, oraz bliżej nieokreślonych minerałów niemagnetycznych.

Obecnie badania mineralne piasków z wyspy Wolin zostały wykonane w celu stwierdzenia, czy między piaskami plażowymi, nawianymi oraz piaskami z wysokiej części wyspy istnieją różnice jakościowe i ilościowe w poszczególnych grupach minerałów ciężkich. Analizowano również kształt minerałów ciężkich. Ogółem zbadano skład mineralny* 11 próbek piasku: 4 próbki z plaży, 4 z piasków nawianych, pobranych z tych samych odcinków wybrzeża co piaski plażowe oraz 3 próbki z wysokiej części wyspy.

Zespół minerałów ciężkich wskazuje, że pierwotnym źródłem piasków były produkty wietrzenia skał magmowych i metamorficznych, występujące na wtórnym złożu wśród osadów czwartorzędowych.

Skład mineralny (tab. 2) piasków plażowych, nawianych oraz piasków pobranych z wysokiej części wyspy, wykazuje duże podobieństwo w występowaniu tych samych gatunków minerałów ciężkich. Największą rolę wśród minerałów odgrywają: granat, który występuje w ilości 11,2—37,6%, amfibol 11,0—39,1%, minerały nieprzeźroczyste: magnetyt i ilmenit 15—36,7%. Najmniejszy udział ma biotyt od 1,6—5%, którego obecność stwierdzono jedynie w 5 próbkach piasku.

Procentowy udział poszczególnych minerałów ciężkich w piaskach plażowych i nawianych wykazuje też pewne różnice ilościowe w występowaniu minerałów z grupy granatu, amfibolu i piroksenu. Zmniejszenie się ilości niektórych minerałów ciężkich lub zwiększenie się udziału innych minerałów, ma niewątpliwie związek ze stwierdzonym faktem (45, s. 375), że segregacja minerałów ciężkich zależy od wielkości ziarna osadu, a więc zmiana frakcji osadu w wyniku segregacji eolicznej prowadzi do zmiany stosunków ilościowych wśród minerałów ciężkich.

* Analizę mineralogiczną wykonała prof. dr M. Turnau-Morawska.

W piaskach nawianych zwiększa się znacznie procentowy udział granatu w stosunku do jego ilości w piaskach plażowych, zmniejsza się natomiast ilość amfibolu i piroksenu.

Przy analizowaniu tego zjawiska nie można pominąć takich cech jak pokrój minerałów i ich ciężar właściwy. Ciężar granatu wynosi od 3,2 do 4,6, amfibolu od około 2,9 do 3,4, a piroksenu od 3,2 do 3,4. Ciężary właściwe tych trzech minerałów niewiele się różnią i należy wątpić, by cecha ta decydowała o składzie procentowym minerałów ciężkich w piaskach. Większe różnice dotyczą kształtu minerałów, który mógł odegrać też pewną rolę w procesie transportu eolicznego.

Pokrój kryształów może mieć w transporcie eolicznym pewne znaczenie, lecz zwrócić trzeba uwagę na to, że w piaskach nawianych nie obserwuje się wśród ziarn kwarcu zwiększenia się ilości ziarn dobrze obtoczonych w stosunku do piasków plażowych. Prawdopodobnie zmiany w składzie ilościowym minerałów ciężkich, zaznaczające się pomiędzy piaskami nawianymi a plażowymi, zostały spowodowane raczej zmianą frakcji osadu na skutek działalności eolicznej niż wysortowaniem minerałów ciężkich o bardziej aerodynamicznych kształtach.

Rozpatrując skład granulometryczny piasków z Wolina, należy postawić pytanie, czy jest możliwa, na bardzo krótkiej drodze odpowiadającej mniej więcej szerokości plaży, segregacja eoliczna i na czym ona polega. Wiadomo bowiem (27, s. 78), że istnieje ścisły związek pomiędzy wydmami a podłożem, na którym one powstają. Skład granulometryczny piasków z wybrzeża wyspy Wolin przedstawia się następująco: najważniejszą rolę odgrywają w nich dwie frakcje ziarn 0,1—0,25 mm i 0,25—0,50 mm. W piaskach plażowych frakcja 0,1—0,25 mm stanowi od 8,9 do 48,3% osadu, a frakcja 0,25—0,50 mm od 51 do 81%.

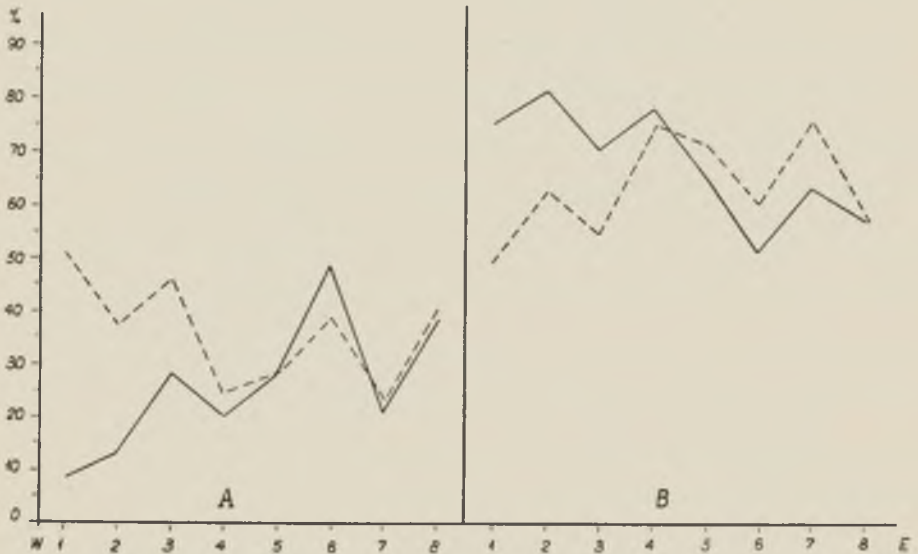
W piaskach nawianych pobranych ze stropu wału wydm nadbrzeżnych, frakcja ziarn 0,1—0,25 mm występuje w ilości 23—50,8%, a frakcja 0,25—0,50 mm w ilości 49—76%. Piaski pochodzące z wysokiej części wyspy przylegającej do klifu mają następujący skład mechaniczny: frakcja 0,1—0,25 mm stanowi 17,8—86,5%, a frakcja 0,25—0,50 mm od 2 do 65,9%.

We wszystkich rodzajach piasków frakcje poniżej 0,1 mm jak i frakcje gruboziarniste powyżej 0,50 mm nie odgrywają poważniejszej roli (porównaj tab. 4). Dane granulometryczne wskazują, że piaski z wybrzeża wyspy są osadem drobnoziarnistym.

Wskaźnik uziarnienia piasków (U) obliczony na podstawie stosunku frakcji osadu 0,0—0,5 mm (A), do frakcji osadu większej od 0,5 mm (B) daje dostateczne podstawy do łatwego stosunkowo odróżnienia piasków plażowych od nawianych z wybrzeża Wolina. Wskaźniki uziarnienia stosował już dla charakterystyki osadów B. K r y g o w s k i (25).

Wartość wskaźnika uziarnienia w piaskach plażowych z Wolina (patrz tab. 4) nie przekracza 100 i zawarta jest w granicach od 5,41 do 82,33. W piaskach nawianych wskaźniki są wyższe, w większości przypadków większe od 100, i wahają się w granicach od 99 do 499. Tak wyraźne różnice pomiędzy wartościami wskaźnika uziarnienia piasków plażowych a nawianych wskazują, że już po bardzo krótkiej wędrówce ziarn kwarcu zachodzi znaczna segregacja eoliczna piasku, powodująca zmiany w składzie granulometrycznym osadu.

Na zachodnim odcinku wybrzeża aż po stanowisko nr 5, w piaskach nawianych dominuje frakcja drobniejsza w przeciwieństwie do piasków plażowych (ryc. 8).



Ryc. 8. Diagram procentowego udziału frakcji 0,10—0,25 mm (A) i frakcji 0,25—0,50 mm (B) w piaskach plażowych i nawianych na poszczególnych stanowiskach wybrzeża wyspy Wolin. Linia ciągłą oznaczono piaski plażowe, przerywaną piaski nawiane. Numerami oznaczono poszczególne stanowiska badanego osadu. Diagram showing the percentage proportion of the fractions: 0,10—0,25 mm (A) and 0,25—0,50 mm (B) in beach sands and those brought by the wind, in separate places of the beach of Wolin Island. Beach sands are shown by a continuous line, dune sands by an interrupted line. Separate stands of a sediment under examination are marked by numbers.

W punkcie 5 obie frakcje reprezentowane są przez jednakowy procent ziarn, a na dalszym odcinku wybrzeża na wschód od punktu 5 skład granulometryczny obu rodzajów piasków jest niemal identyczny. We frakcji 0,25—0,50 mm sytuacja jest odwrotna, na zachodnim odcinku

wybrzeża frakcja ta przeważa w piaskach plażowych, a na odcinku wybrzeża na wschód od punktu 4 stosunek ten ulega odwróceniu i większy procent ziarn frakcji 0,25—0,50 mm występuje w piaskach nawianych.

W punkcie 8, tj. w miejscu, gdzie plaża przylega bezpośrednio do wysokiego klifu, obie frakcje reprezentowane są w piaskach plażowych i nawianych niemal w jednakowej ilości, co wskazuje na podobny stopień wysortowania obu rodzajów piasków.

Na odcinku wybrzeża od Chorzclina aż po wysoki klif w okolicy Międzyzdrojów stopień wysortowania piasków przedstawia się następująco: na odcinku zachodnim piaski plażowe zawierają znaczny procent ziarn „grubszych”, frakcji 0,25—0,50 mm, natomiast piaski nawiane stosunkowo dużo ziarn „drobnych”, frakcji 0,1—0,25 mm. Na odcinku wschodnim w piaskach plażowych występuje mniejszy procent ziarn frakcji 0,25—0,50 mm, a w piaskach nawianych frakcja ta przeważa. Zjawisko to jest bardzo charakterystyczne, ponieważ zmiana stosunku poszczególnych frakcji zachodzi w okolicy punktu 5 leżącego mniej więcej w najbardziej wklęsłej części łuku wybrzeża. Taki skład granulometryczny osadów zaobserwowany w poszczególnych punktach na wybrzeżu Wolina mógł powstać w wyniku transportu piasków prądami wzdłuż linii wodnej.

A) OBTOCZENIE ZIARN MINERALNYCH PIASKÓW PLAŻOWYCH I NAWIANYCH

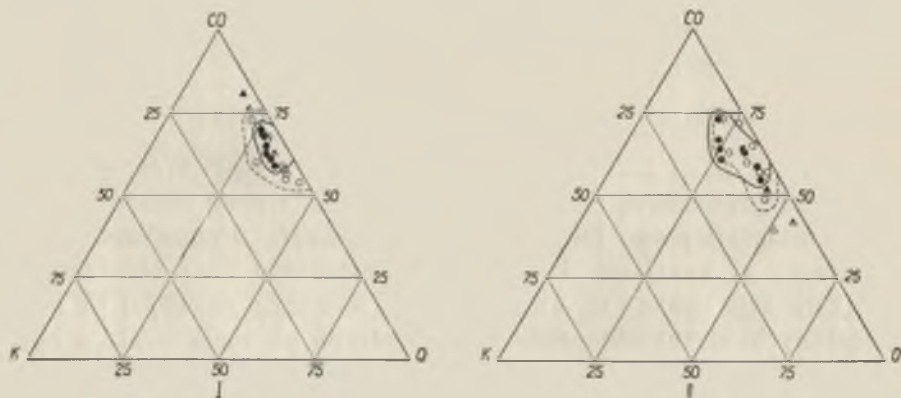
Obtroczenie ziarn kwarcu tworzącego piaski wyspy Wolin obliczano ze zdjęć fotograficznych, które zostały wykonane przy pomocy powiększalnika fotograficznego (30). Wśród ziarn kwarcu wydzielono trzy rodzaje ziarn: a) kanciaste, b) częściowo obtoczone i c) obtoczone. Za ziarna kanciaste uznano te, które mają na obwodzie najwyżej $\frac{1}{3}$ naroży zaokrąglonych, ziarna obtoczone naroży ostrych nie mają wcale, a obwód ich widoczny na zdjęciu ograniczony jest liniami łukowymi, wypukłymi lub wklęsłymi; ziarna częściowo obtoczone mają więcej niż $\frac{1}{3}$ naroży zaokrąglonych. Ziarna kanciaste, częściowo obtoczone i obtoczone występują w piaskach plażowych i nawianych niemal w jednakowych ilościach i to w obu badanych frakcjach. Można to było zresztą w pewnym stopniu już z góry przewidzieć, gdyż wędrówka ziarn pod wpływem wiatru po powierzchni plaży, na bardzo krótkiej drodze, nie mogła spowodować większej obróbki mechanicznej ziarn mineralnych. W piaskach plażowych ilość ziarn kanciastych we frakcji 0,25—0,50 mm wynosi od 2 do 10%, w piaskach nawianych od 4 do 6%, ziarn częściowo obtoczonych jest w piaskach plażowych od 54 do 73%, a w piaskach nawianych od 56 do 70%. Ziarna obtoczone występują w piaskach plażowych w ilości od 22 do 44%, w nawianych zaś od 27 do 39%.

Procentowy udział ziarn częściowo obtoczonych w piaskach Wolina pokrywa się z przeciętną ilością ziarn częściowo obtoczonych występujących także i w innych współczesnych piaskach morskich, które zawierają (19, s. 457) około 60% ziarn częściowo obtoczonych.

Piaski pobrane z wysokiej części wyspy (próbki nr 9, 10, 11 i 12) wykazują podobną obróbkę ziarn kwarcu. Ilość ziarn kanciastych wynosi w nich od 3 do 4%, częściowo obtoczonych 61—83%, a obtoczonych 16—33%.

We frakcji 0,5—1,0 mm, w skład której wchodzi ziarna „grubsze”, stosunki procentowego udziału ziarn o różnej obróbce mechanicznej są podobne. W piaskach plażowych ziarna kanciaste występują w ilości od 2 do 9%, w wydmych zaś od 4 do 12%, w piaskach plażowych ziarn częściowo obtoczonych jest od 9 do 73%, a w nawianych od 55 do 73%. Ziarna obtoczone stanowią w piaskach plażowych od 21 do 44%, a w wydmych od 20 do 40%.

Piaski z wysokiej części wyspy mają ziarn kanciastych od 3 do 9%, częściowo obtoczonych 40—52%, obtoczonych 43—51%. Podobny stopień obtoczenia ziarn kwarcu wyraźnie zaznacza się na diagramach



Ryc. 9. Diagram ilustrujący obtoczenie ziarn kwarcu w piaskach plażowych i nawianych we frakcji 0,25—0,50 mm (I) i we frakcji 0,50—1,00 mm (II). Kółeczka puste oznaczają kwarcie z piasków plażowych, kółeczka pełne kwarcie z piasków nawianych. Trójkątami oznaczono ziarna kwarcu pochodzące z próbek pobranych z wysokiej części wyspy. Linią ciągłą zaznaczono pole kwarców z piasków wydmych, linia przerywana — z piasków plażowych

Diagram showing the rounding of quartz grains in beach and dune sands in the fractions: 0,25—0,50 mm (I) and 0,50—1,00 mm (II). Quartz grains of beach sands are marked by void circles, while those of sands brought by the wind are marked by filled circles. Quartz grains derived from a higher part of the island are marked by triangles. The extent of quartz grains belonging to dune sands is marked by a continuous line, while the extent of quartz grains belonging of beach sands is shown by an interrupted line

Tab. 3. Przeciętna średnica ziarn i przeważający kształt minerałów ciężkich w piaskach Wolina
The mean diameter of grains and the most prevalent shape of heavy minerals in the Wolin sands

Nr próbki	1		1a		3		3a		5		5a		7		7a		11		12		13	
	S	P	S	P	S	P	S	P	S	P	S	P	S	P	S	P	S	P	S	P	S	P
Granat	0,18	K	0,22	K	0,28	K	0,21	K	0,20	K	0,17	K	0,19	K	0,14	K	0,22	K	0,13	K	0,16	K
Dysten	0,16	K	0,36	K	0,20	K	0,24	K	0,24	O	0,23	K	0,18	O	0,18	O	0,15	O	0,16	K	0,11	K
Turmalin	0,19	K	0,16	K	0,18	K	0,26	O	0,22	O	0,20	K	—	—	0,18	O	0,30	O	0,12	O	0,14	K
Cyrkon	0,10	K	0,10	K	0,20	K	0,10	K	0,11	K	0,14	O	0,16	O	0,11	O	0,10	K	0,08	K	0,11	K
Staurolit	0,44	O	0,46	O	—	—	0,24	O	0,18	K	0,24	K	0,19	O	0,22	O	0,25	O	0,12	O	—	—
Epidot	0,24	O	0,26	O	0,20	O	0,20	O	0,14	O	0,14	O	0,16	O	0,14	O	—	—	—	—	0,12	O
Amfibol	0,17	K	0,24	K	0,28	O	0,28	K	0,25	K	0,30	O	0,34	O	0,16	O	0,14	K	0,16	K	0,12	O
Piroksen	0,26	O	0,36	O	0,34	O	0,24	O	0,18	O	0,26	O	0,14	O	0,14	O	0,16	O	0,15	O	—	—
Min. nieprzezt.	0,16	K	0,16	K	0,28	K	0,24	K	0,20	K	0,15	K	0,24	O	0,14	O	0,19	O	0,14	K	0,10	O
Rutyl	0,18	K	0,24	O	0,24	O	0,14	K	0,16	O	0,15	O	0,16	O	0,10	O	0,16	O	0,16	K	0,11	O
Biotyt	—	—	0,34	K	0,30	K	0,30	K	0,30	K	—	—	—	—	—	—	—	—	0,12	K	—	—

K — ziarna z przewagą krawędzistych (the majority of angular grains)

O — ziarna z przewagą oboczonych (the majority of rounded grains)

S — diameter

P — shape

obtoczenia (ryc. 9). Rozrzut punktów i pola obtoczenia we frakcji 0,25—0,50 mm i we frakcji 0,50—1,0 mm występują niemal w tym samym miejscu, zarówno dla piasków plażowych jak i nawianych. Wskaźniki obtoczenia piasków plażowych i nawianych są zbliżone (porównaj tab. 4), we frakcji 0,25—0,50 mm wynoszą dla piasków plażowych od 0,41 do 0,74, a dla piasków nawianych od 0,49 do 0,64; we frakcji 0,50—1,0 mm wahają się w granicach od 0,31 do 0,70 dla piasków plażowych, a od 0,48—0,78 dla piasków nawianych.

Badając obróbkę ziarna można ogólnie stwierdzić, że wszystkie rodzaje piasków z wybrzeża Wolina wykazują podobny stopień obtoczenia ziarn kwarcu.

Porównanie obtoczenia ziarn kwarcu we frakcji 0,25—0,50 mm z frakcją 0,50—1,0 mm, w przypadku piasków z Wolina nie potwierdza ogólnej zasady (26, s. 132), że im ziarno jest większe tym silniejszej ulega obróbce w danym środowisku.

Wśród minerałów ciężkich występujących w piaskach Wolina wyodrębnić można minerały wykazujące przewagę kształtu ostrokrawędzistego oraz minerały występujące w przewodzie jako obtoczone (tab. 3). Wśród minerałów ostrokrawędzistych wymienić należy przede wszystkim granat, który we wszystkich 11 badanych próbkach wykazuje zdecydowaną przewagę kształtu ostrokrawędzistego; na drugim miejscu jest cyrkon, który na 11 zbadanych próbek w 8 miał kształt ostrokrawędzisty. Obok tych minerałów także i biotyt występuje jedynie w formach ostrokrawędzistych, co zresztą wynika z jego doskonałej blaszkowej łupliwości.

Wśród minerałów ciężkich najlepiej obtoczony jest piroksen; we wszystkich 10 zbadanych próbkach przeważa kształt obtoczony, drugim

Minerał	Twardość	Ciężar właściw.	Układ kryst.	Pokrój	Łupliwość	Przewaga kształtu ziarn
granat	6,5 — 7,5	3,2 — 4,6	reg.	12-ścian romb.	(110) niewyraźna	kanciaste
cyrkon	7,5	3,9 — 4,3	tetrag.	słupki, piramidki, igły	(001) niewyraźna	„
biotyt	2,5 — 3,0	2,8 — 3,2	jedn.	płytki, łupki, blaszki	doskonała	„
piroksen	6,0 — 6,5	3,2 — 3,4	jedn.	słupki	(110) dosk. kąt 87°	obtroczone
epidot	6,0 — 7,0	3,3 — 3,5	jedn.	słupki, igły	(001) (100) dosk. dokł.	„
rutyl	6,0 — 6,5	4,2 — 4,3	tetrag.	słupy z piramidami	(110) (100) dosk., mniej wyraźna	„

Tab. 4. Dane granulometryczne piasków z wybrzeża wyspy Wolin
Granulometric data of sands from the beach of Wolin Island

L. p.	Nr próbki	Uziarnienie w % (frakcje w mm)						Wskaźnik uziarnienia $U = B$	Obtroczenie ziarn kwarcu w %						Wskaźnik obtroczenia $K + \frac{1}{3} CO$ $O = O + \frac{1}{3} CO$	
		A			B				frakcja 0,25-0,60 mm			frakcja 0,50-1,00 mm			0,25-0,50 mm	0,50-1,0 mm
		0-0,1	0,1-0,25	0,25-0,50	0,50-1,0	1,0-2,0	>2,0		K	CO	O	K	CO	O		
1	1	—	8,9	75,5	15,5	0,1	+	5,41	5	55	40	7	49	44	0,48	0,46
2	2	—	13,4	81,0	4,5	1,1	+	16,86	2	54	44	4	57	39	0,41	0,48
3	3	0,05	28,1	70,5	1,0	0,4	—	70,46	4	57	39	2	65	33	0,48	0,53
4	4	+	20,2	78,0	1,6	0,2	—	54,55	4	58	38	2	57	41	0,49	0,44
5	5	0,05	28,0	65,9	6,0	0,05	—	15,53	4	67	29	6	73	21	0,60	0,74
6	6	0,10	48,3	50,0	1,2	0,4	+	61,50	5	73	22	2	72	26	0,71	0,61
7	7	1,00	21,9	63,0	13,0	1,1	—	6,09	10	60	30	9	63	28	0,67	0,68
8	8	1,80	39,0	58,0	1,0	0,2	—	82,33	4	59	37	6	60	34	0,50	0,56
9	1a	+	50,8	49,0	0,2	—	—	499,00	5	56	39	5	63	32	0,49	0,57
10	2a	—	37,4	62,4	0,2	—	—	499,00	4	70	26	5	64	31	0,64	0,59
11	3a	—	45,4	54,4	0,2	—	—	499,00	6	63	31	12	61	27	0,60	0,74
12	4a	—	24,3	75,2	0,5	—	—	199,00	4	68	28	10	67	23	0,61	0,77
13	5a	—	28,0	71,0	1,0	—	—	99,00	6	61	33	11	64	25	0,57	0,75
14	6a	0,10	38,8	60,5	0,6	—	—	165,67	4	69	27	4	59	37	0,63	0,50
15	7a	0,20	23,0	76,0	0,8	—	—	124,00	5	65	30	7	73	20	0,60	0,77
16	8a	0,10	40,0	59,0	0,9	—	—	110,11	6	59	35	5	55	40	0,55	0,48
17	9	3,00	52,6	34,0	8,0	1,0	1,4	8,62	4	63	33	9	40	51	0,55	0,41
18	10	3,50	17,8	65,9	10,0	0,8	2,0	6,81	4	68	28	3	42	55	0,61	0,32
19	11	3,40	94,4	2,0	0,2	—	—	499,00	4	75	20	—	—	—	0,72	—
20	12	—	86,5	12,7	0,8	—	—	124,00	3	81	16	5	52	43	0,77	0,45

K = ziarna kanciaste CO = częściowo obtroczone O = obtroczone + ilość osadu poniżej 0,01 g.
Wartości wskaźnika uziarnienia i obtroczenia zostały zaokrąglone do drugiego miejsca po przecinku.

minerałem jest epidot, który występował we wszystkich 9 próbkach jako minerał obtoczony, trzecim z kolei minerałem jest rutyl, który w 8 próbkach na 11 zbadanych wykazywał przewagę kształtów obtoczonych.

W celu lepszego scharakteryzowania stopnia obtoczenia wymienionych 6 minerałów, najważniejsze ich cechy fizyczne zostały zestawione w tabeli na s. 14.

Z tabeli wynika, że z wyjątkiem biotyту, zarówno minerały o przewodzie ziarn kanciastych jak i o przewodzie ziarn obtoczonych mają twardość, ciężary właściwe, a nawet i pokrój bardzo podobny.

Nawiązując do niejednakowego stopnia obtoczenia minerałów ciężkich w piaskach Wolina, można stwierdzić, że zróżnicowanie kształtów minerałów ciężkich jest niełatwe do wytłumaczenia. Wydaje się jednak, że cechy fizyczne nie decydowały o stopniu obróbki.

Ostatnią cechą, na którą zwrócono uwagę, było zmatowienie ziarn kwarcu; nie obliczono jednak procentowego stosunku ziarn matowych do przezroczystych, a to z tego względu, że zarówno wśród piasków plażowych jak i nawianych występuje duży procent ziarn o powierzchni matowej (chropowatej). Ziarna matowe spotyka się wśród kwarców obtoczonych, częściowo obtoczonych i kanciastych. Fakt ten nasuwa przypuszczenie, że zmatowienie ziarn w tym przypadku nie wiąże się bezpośrednio z działalnością eoliczną, ale zależy raczej od innych przyczyn. Spostrzeżenie to ma duże znaczenie, gdyż może rzucić nowe światło na zagadnienie tzw. „zmatowienia” ziarn kwarcu.

Należałoby przeprowadzić szersze badania, zwłaszcza nad ziarnami kanciastymi i częściowo obtoczonymi z innych jeszcze regionów i środowisk sedymentacji, aby można było wyciągnąć szersze i pewniejsze wnioski dotyczące zmatowienia ziarn kwarcu.

4) SKŁAD PETROGRAFICZNY I MORFOMETRIA ŻWIRÓW PLAŻOWYCH

Na odcinku wybrzeża pomiędzy Chorzelinem a wysokim klifem, w okolicy Międzyzdrojów spotyka się na plaży przy samym brzegu morza żwiry utworzone ze skał krystalicznych i osadowych. Występują one w formie pokryw (ryc. 2) lub pojedynczo; w tym przypadku leżą zwykle w nieco większej odległości od brzegu, wyrzucone falami sztormowymi. Żwiry są przeważnie drobne, średnica ich nie przekracza w zasadzie kilku cm, licznie reprezentowana jest frakcja drobnych żwirów, których średnica wynosi od 10 do 20 mm. Bardzo dużo żwirów występuje bezpośrednio przy wybrzeżu klifowym oraz w okolicy moła w Międzyzdrojach.

Do badań morfometrycznych i składu petrograficznego zostały pobrane próbki żwirów z siedmiu stanowisk znajdujących się w tych samych miejscach na wybrzeżu, z których pobierano próbki piasków. Żwiry zostały zebrane w każdym z siedmiu stanowisk z powierzchni plaży wynoszącej około 2 m² przylegającej bezpośrednio do brzegu morza.

Analizę kształtu i obtoczenie żwirów, a także określenie składu petrograficznego wykonano na materiale skalnym frakcji 10—20 mm, a to z tego względu, że żwiry drobne występują na plaży w dominujących ilościach i są stosunkowo najlepiej obrobione. Już dawno zresztą wysuwano myśl (18), by badać żwiry drobnych frakcji, gdyż jako najpospolitsze w osadach plejstocenijskich dają najpełniejszy obraz petrograficzny osadu. Znany jest fakt, że kształt żwirów zależy od szeregu czynników, jak np. od rodzaju skały, środowiska obróbki mechanicznej, czasu trwania obróbki itp. Przy dłuższym procesie mechanicznej obróbki wielkość żwirów maleje. Wskazuje to także na konieczność brania do badań morfometrycznych raczej drobnych frakcji żwirów, gdyż te właśnie przeszły dostatecznie długi cykl obróbki mechanicznej w danym środowisku.

Wśród żwirów plażowych z Wolina wyróżnić można trzy grupy skalne: a) skały krystaliczne (magmaowe, metamorficzne), b) skały osadowe klastyczne, głównie piaskowce, c) skały wapienne, głównie wapień paleozoiczne.

Udział poszczególnych rodzajów żwirów (tab. 5) we frakcji 10—20 mm, przedstawia się następująco: na odcinku wybrzeża pomiędzy Chorzelinem a klifem w Międzyzdrojach przeważają żwiry utworzone ze skał krystalicznych, które występują w ilości od 49,9% do 66,4%; drugie

Tab. 5. Skład petrograficzny żwirów plażowych z Wolina, frakcja 10—20 mm wyrażony w procentach ilościowych

Petrographic composition of beach gravels from Wolin Island, fraction 10—20 mm expressed in quantitative percentages

Rodzaj okrusza żwiru	N u m e r y s t a n o w i s k						
	2	3	4	5	6	7	8
Skały klastyczne	12,3	20,3	7,7	19,1	17,8	17,2	19,8
Skały wapienne	38,8	20,4	39,3	14,5	27,4	31,0	26,0
Skały krystaliczne	49,9	59,3	53,0	66,4	54,8	51,8	54,2

miejsce zajmują żwiry powstałe ze skał wapiennych, stanowią one od 14,5 do 39,3%; najmniejszy udział mają żwiry utworzone ze skał klastycznych (powstałe przeważnie z piaskowców), których ilość waha się w granicach od 7,7 do 20,3%.

Przytoczone wartości procentowego udziału poszczególnych rodzajów żwirów wskazują na niewielką przewagę materiału krystalicznego nad osadowym. Z rozmieszczenia stanowisk, z których pobierane były próbki żwirów (ryc. 7) wynika, że udział poszczególnych grup skalnych w żwirach plażowych jest mniej więcej stały, niezależnie od miejsca, z którego pobrano próbki. Podobny skład procentowy żwirów nasuwa przypuszczenie, że pochodzą one z rozmycia tej samej warstwy osadu glacialnego.

Na podstawie analizy mikroskopowej szlifów skalnych * udało się wyróżnić następujące rodzaje skał, z których utworzone są żwiry:

1) w skład żwirów zbudowanych ze skał krystalicznych wchodzi: czerwone granity biotytowe, drobnoziarniste szare granity aplitowe, szare granodioryty, szare migmatyty, czerwone granodioryty, różowe gnejsy migmatyczne, gnejsy migmatyczne ciemno-szaro-zielone, szare migmatyty zbudowane z łupku łyszczkowego i granitu, różowe granodioryty i szare drobnoziarniste apłity typu grejzenu;

2) żwiry wapienne powstałe z wapieni zoogenicznych z fosforytami, szare wapienie pelityczne bez fauny ze śladami pirytu, wapienie białe pelityczne bez fauny oraz wapienie zoogeniczne bez materiału okruchowego z drobnymi szczątkami liliowców, małżów, brachiopodów i otwornic;

3) żwiry zbudowane ze skał klastycznych składają się z materiału skalnego różnej odporności, z przewagą żwirów utworzonych z piaskowców, wśród których można rozróżnić następujące: drobnoziarniste piaskowce barwy różowej o ziarnie przeważnie ostrokrawędzistym, piaskowce średnioziarniste szaro-zielone z glaukonitem o ziarnie półobtoczonym lub ostrokrawędzistym, piaskowce szaro-białe, gruboziarniste, zlepieńcowate o strukturze zbliżonej do kwarcytu oraz czerwone piaskowce zbudowane z ziarn bardzo dobrze obtoczonych z domieszkami hematytu. Obok piaskowców występują też żwiry utworzone z szarych mułowców, a nawet spotyka się w nich czarne lidyty, rogowce i krzemienie.

Badanie kształtu żwirów może mieć na celu albo określenie stopnia obróbki, tj. charakteru powierzchni żwirów i obtoczenia, w przypadku gdy znamy środowisko, w którym odbywała się obróbka mechaniczna, albo ustalenie środowiska obróbki na podstawie analizy kształtu żwirów.

* Badania mikroskopowe szlifów wykonane zostały przez prof. dr M. Tur-na u - M o r a w s k ą.

Wpływ środowiska na kształt żwirów jest wyraźny, np. żwiry plażowe są zwykle silnie obtoczone i często spłaszczone na skutek ciągłego procesu przesuwania ich po plaży przez wdzierające się fale morskie. Natomiast żwiry morenowe są przeważnie słabo obtoczone, gdyż transport ich odbywał się w osadzie glacialnym tkwiącym przeważnie jeszcze w masie lodowej.

Morfometria żwirów polega zwykle na analizie ich kształtu przy uwzględnieniu stosunków zachodzących pomiędzy długością, szerokością i grubością żwirów. Prace tego rodzaju prowadzone były zarówno poza granicami naszego kraju (6, 7, 8, 9, 12, 13) jak i w Polsce, gdzie badano przede wszystkim obtoczenie żwirów rzecznych (45, 31, 23, 3) jak i żwirów pochodzących z moren* (41, 36).

Na podstawie różnych koncepcji obliczano wskaźniki spłaszczenia, asymetrii, sferyczności, zaokrąglenia itp. uciekając się niekiedy do bardzo skomplikowanych wzorów (46), które wymagają często wielu obliczeń dla jednego tylko otoczaka, a przez to są bardzo pracochłonne, zwłaszcza w przypadku analizowania większej ilości otoczaków.

Wskaźniki morfometryczne (16, s. 32), oprócz wiernego odzwierciedlenia określonego kształtu, powinny być łatwe w wyznaczaniu i nie zawierać elementów subiektywnych.

Ostatnio M. Blenk (1) udowodniła, że większość stosowanych tzw. „wskaźników” może być wykorzystywana tylko w pewnych określonych przypadkach. Ten sam współczynnik, np. spłaszczenia, możemy uzyskać po podstawieniu do wzoru różnych wartości określających długość, szerokość i grubość otoczaka. Dla ilustracji podaję (tab. 6) kilka podobnych wartości współczynnika obtoczenia uzyskane z różnych wzorów.

Spłaszczenie jest ważną cechą, która ma większy związek z początkowym kształtem okrucha skalnego niż z samym procesem obróbki mechanicznej. Ułamek skały wydłużonego kształtu na skutek obróbki mechanicznej przekształci się przeważnie w otoczak asymetryczny, mający jedną oś znacznie dłuższą od pozostałych, natomiast z okruchów skalnych, zbliżonych kształtem do sześciątów, ośmiątów, dwunastokątów itp., powstaną zwykle, choć nie zawsze, otoczaki kształtu kulistego.

Analiza spłaszczenia żwirów może też pośrednio wskazywać na sposób łupliwości poszczególnych rodzajów skał. Spłaszczenie można wyrazić w sposób najprostszy stosunkiem osi najdłuższej do najkrótszej.

* J. Trembaczowski: Badania granulometryczno-petrograficzne moren Wyżyny Lubelskiej. (Rękopis).

Niektórzy autorzy porównują także stosunek osi najkrótszej do szerokości. Częściej jednak przy obliczeniach spłaszczenia żwirów posługiwano się tzw. wskaźnikami spłaszczenia. Najczęściej używanymi są wskaźniki opracowane przez C. K. Wentworth'a (47) i A. Cailleux (11, 12) $S = \frac{L+1}{2E}$, oraz przez J. Goguel'a (17) $\frac{E}{\sqrt{L+1}}$, ostatni wzór jest stosunkiem średniej geometrycznej długości i szerokości do grubości otoczaka. Używano także i wzorów uproszczonych $S = \frac{E}{L+1}$ (41).

Współczynniki spłaszczenia obliczone na podstawie wzorów, w których w mianownikach lub licznikach występują sumy dwu lub więcej liczb dają często te same lub niemal takie same wartości współczynników, a przez to nie zawsze mogą być stosowane. Pewniejsze wyniki uzyskuje się, gdy obliczamy współczynniki tylko z dwu wartości, np. biorąc pod uwagę stosunek długości do „grubości” ilustruje to następujące zestawienie:

Tab. 6. Zmienność wartości współczynnika spłaszczenia w zależności od stosowanego wzoru
Diversity of the coefficient of flattening depending on the applied formula

Nr	L	1	E	$\frac{L+1}{2E}$	$\frac{E}{\sqrt{L+1}}$	$\frac{E}{L+1}$	$\frac{L}{E}$	$\frac{E}{L}$
1	2	2	1	2	0,50	0,25	2	0,5
2	2,5	1,5	1	2	0,50	0,25	2,50	0,4
3	3	1	1	2	0,50	0,25	3	0,33
4	4	2	1,5	2	0,61	0,25	2,66	0,38

Z zestawienia wynika, że spłaszczenie żwirów najlepiej wyrazić można stosunkiem $\frac{L}{E}$ lub $\frac{E}{L}$. Stosując jeden z tych wzorów należy ustalić pewne granice określające stopnie spłaszczenia. Do określenia stopnia spłaszczenia żwirów przyjąłem następującą skalę:

stopień 0 — żwiry nie spłaszczone $\frac{L}{E} = 1$

stopień I — żwiry słabo spłaszczone $1 < \frac{L}{E} = 2$

stopień II — żwiry spłaszczone $2 < \frac{L}{E} = 3$

stopień III — żwiry silnie spłaszczone $\frac{L}{E} > 3$

Żwirry nie spłaszczone praktycznie w osadach niemal nie występują, a stosunki procentowe sprowadzają się właściwie do udziału żwirów pozostałych trzech stopni spłaszczenia.

Spłaszczenie żwirów plażowych zostało obliczone na materiale skalnym pochodzącym z 7 stanowisk leżących pomiędzy Chorzelinem a falezą w Międzyzdrojach. Przeanalizowano przeciętnie od 100 do 200 żwirów z jednego stanowiska, natomiast w tab. 9 zestawiono dane charakteryzujące jedynie po 30 żwirów z każdego stanowiska na wybrzeżu. Są to wybrane wielkości ekstremalne i najczęściej spotykane w poszczególnych grupach skalnych.

Odległość źródła zasilania bardziej wpływa na spłaszczenie żwirów niż na ich obtoczenie. Bezpośrednio przy klifie występuje najwięcej żwirów słabo spłaszczonych, bo aż 80,8% żwirów utworzonych z materiału krystalicznego, 48% z wapieni i 76,3 % z materiału klastycznego. Natomiast na odcinku wybrzeża w okolicy Chorzelina żwirów słabo spłaszczonych jest niewiele i to tylko wśród materiału krystalicznego, gdzie żwirry nie spłaszczone osiągają 3,6% (porównaj tab. 7).

Tab. 7. Spłaszczenie żwirów plażowych z Wolina wyrażone w procentach ilościowych (frakcja 10—20 mm)

Flattening of beach gravels from Wolin Island expressed in quantitative percentages, fraction 10—20 mm

Charakter petrograficzny elementu żwiru	Stopień spłaszczenia	N u m e r y s t a n o w i s k						
		2	3	4	5	6	7	8
Klastyczny	3	80,0	10,0	—	20,0	28,6	22,2	—
	2	20,0	70,0	100,0	44,0	64,2	22,3	23,7
	1	—	20,0	—	36,0	7,2	55,5	76,3
Wapienny	3	55,0	28,5	30,4	—	5,0	11,0	—
	2	45,0	68,7	77,4	60,0	50,0	56,0	52,0
	1	—	2,8	2,2	40,0	45,0	23,0	48,0
Krystaliczny	3	48,2	10,8	14,5	6,0	2,5	3,4	3,8
	2	48,2	63,8	67,7	37,5	40,0	53,4	15,4
	1	3,6	25,4	17,8	56,5	57,5	43,2	80,8

1 — żwirry mało spłaszczone (gravels slightly flattened)

2 — żwirry spłaszczone (gravels flattened)

3 — żwirry silnie spłaszczone (gravels highly flattened)

Jeżeli chodzi o wartości skrajne stosunku osi $\frac{L}{E}$, to wahają się one w dużych granicach i osiągają podobne wartości w wydzielonych trzech

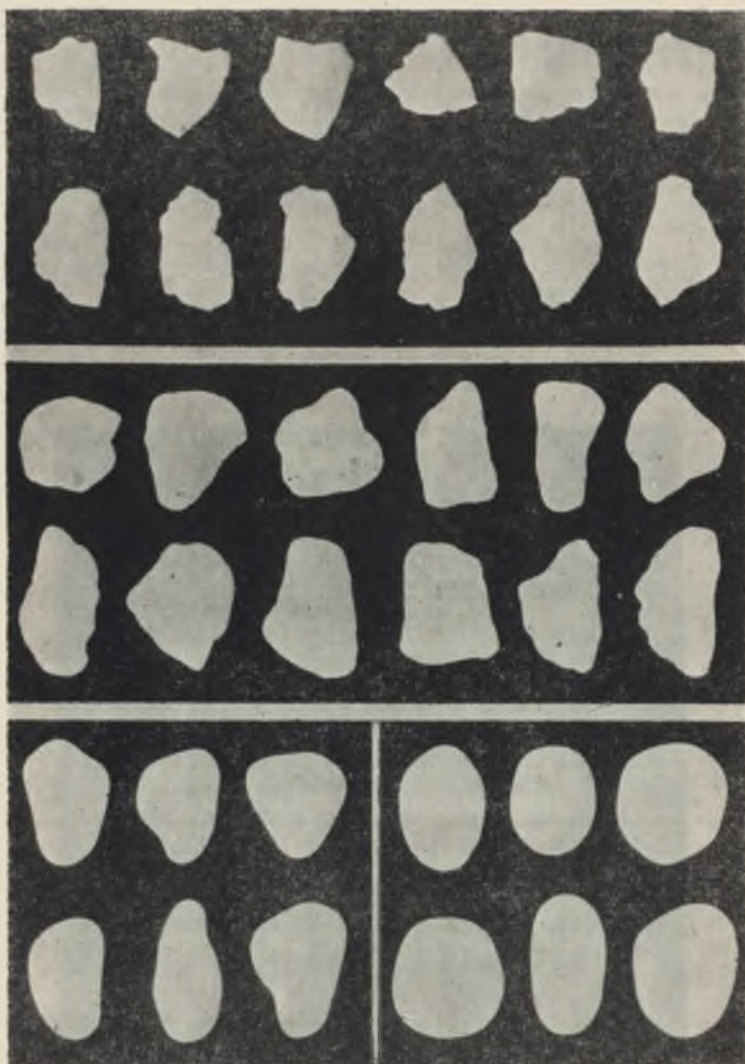
grupach skalnych. Dla żwirów krystalicznych stosunek $\frac{L}{E}$ waha się w granicach od 1,3 do 7,6, dla wapieni od 1,4 do 7,2, a dla skał klastycznych od 1,3 do 7,6, w tej ostatniej grupie skalnej najbardziej spłaszczone są żwiry utworzone z łupków.

Drugą bardzo ważną czynnością w badaniach morfometrycznych żwirów jest analiza stopnia obtoczenia żwirów.

Stosuje się tu najczęściej skalę 5, a nawet 6 stopniową, opracowaną na podstawie ich kształtów (14, 35, 37). Tak na przykład L. W. Pustowałow stosuje skalę czterostopniową, A. W. Chabakow i L. Ruchin pięciostopniową, a Dal Vesco sześciostopniową. W skali używanej przez Ruchina pomiędzy stopniami 1 i 2 oraz 3 i 4 są zbyt mało uchwytnie różnice kształtów żwirów, a w skali Dal Vesco można śmiało połączyć ze sobą wyróżnione przez niego stopnie obtoczenia 2 i 3 oraz 4, 5 i 6. Przy posługiwaniu się wielostopniowymi skalami obtoczenia powstają trudności zarówno natury ogólnej, jak i subiektywnej w zakwalifikowaniu żwirów do poszczególnego stopnia obtoczenia. Aby uniknąć tych trudności, należy stosować skalę najprostszą, tj. trzystopniową, która zupełnie wystarcza dla określenia obróbki żwirów pod kątem zagadnień sedymentacyjnych. Można oczywiście pomiary obtoczenia wykonywać i w inny sposób, jak np. przy użyciu obtoczeniomierza (4) lub przy użyciu wzorów matematycznych, opracowanych przez szereg badaczy (11, 12, 46, 47).

Sposób obliczania ilości poszczególnych rodzajów żwirów, a więc żwirów kanciastych, częściowo obtoczonych i obtoczonych, powinien być prosty i łatwy do wykonania. Obliczenie należy prowadzić w taki sposób, aby z określonej liczby żwirów, np. 200, wydzielić najpierw żwiry obtoczone, później kanciaste, a pozostałe zaliczyć do żwirów częściowo obtoczonych. Obliczenia tego rodzaju (30) stosowane już były przy badaniach ziarn kwarcu z piasków pochodzących z różnych środowisk sedymentacyjnych.

Trójstopniowa skala obtoczenia żwirów (ryc. 10) została wykonana w sposób następujący: kształt żwirów frakcji 10—20 mm został utrwalony na papierze światłoczułym, następnie wybrano ze zdjęć żwirów płazowych i z materiału morenowego oddzielnie kontury żwirów kanciastych, częściowo obtoczonych i obtoczonych. Przy selekcji zdjęć zwrócono przede wszystkim uwagę na charakter powierzchni żwirów widoczny na ich obwodzie. Nawiązując do skali Dal Vesco wyodrębniono następujące fragmenty spotykane na obwodzie żwirów: a) kanciaste — wypukłe lub wklęsłe, zaokrąglone — wypukłe lub wklęsłe, c) płaskie — zaznaczające się na obwodzie w postaci krótszych lub dłuższych odcinków prostoliniowych.



Ryc. 10. Trójstopniowa skala obtoczenia żwirów: a — u góry, żwiry kanciaste, b — w środku, częściowo obtoczone, c — u dołu, żwiry obtoczone
 A three-degree scale of rounding of gravels: a — at the top, angular gravels, b — in the middle, partly rounded gravels, c — at the bottom, rounded gravels

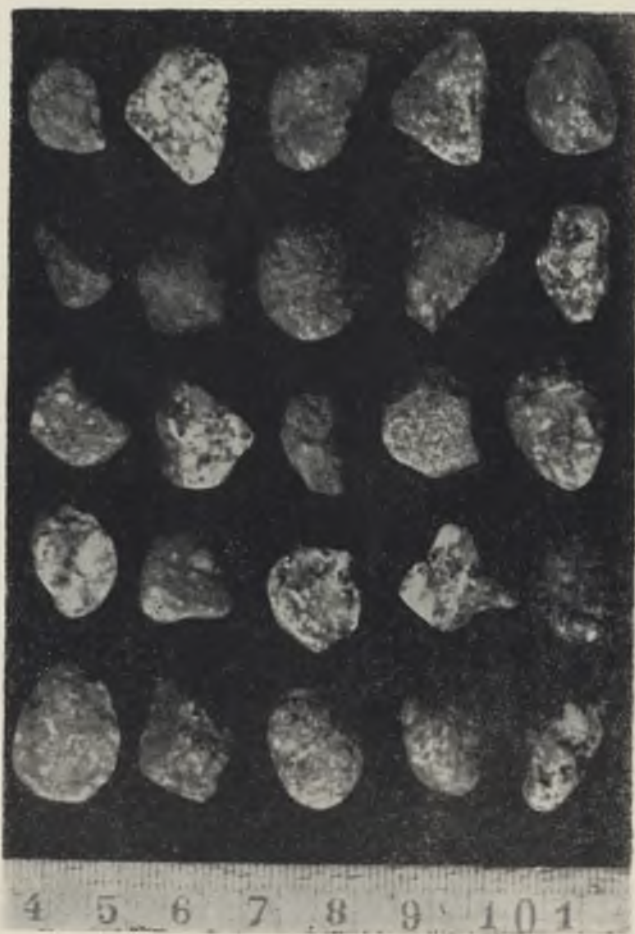
Określenie poszczególnych stopni obtoczenia żwirów jest następujące:

Stopień 1 — żwiry kanciaste; mają zarys wielokątny, ograniczony fragmentami kanciastymi. Wszystkie lub prawie wszystkie naroża są kanciaste, dopuszczalna ilość naroży nieco zaokrąglonych nie może przekraczać $\frac{1}{3}$ ogólnej liczby naroży widocznych na obwodzie. Linie proste łączące się ze sobą na obwodzie tworzą formy ostre, wypukłe lub wklęsłe.

Stopień 2 — żwiry częściowo obtoczone; mogą mieć zarys jeszcze wielokątny lub już zaokrąglony. Dopuszczalna ilość naroży kanciastych nie przekracza $\frac{1}{3}$ ogólnej liczby naroży. Zarys żwiru ograniczony jest liniami łukowymi i sporadycznie prostymi. Linie krzywe tworzą na obwodzie formy wypukłe lub wklęsłe.

Stopień 3 — żwiry obtoczone; mają zarys kolisty lub eliptyczny. Wszystkie naroża są zaokrąglone, linie łukowe tworzą na obwodzie formy wypukłe niekiedy też i wklęsłe. Linie łukowe mogą mieć w pewnych miejscach małą krzywiznę i zbliżyć się kształtem do linii prostej.

Wśród żwirów obtoczonych wyodrębnić można jeszcze dwie podgrupy: a) żwiry obtoczone z elementami wklęsłymi na obwodzie i b) żwiry obtoczone bez elementów wklęsłych, ograniczone wypukłymi liniami łukowymi.



Ryc. 11. Żwiry plażowe z Wolina utworzone ze skał krystalicznych
Beach gravels formed of crystalline rocks, from Wolin Island

Obliczenie procentowego udziału żwirów kanciastych, częściowo obtoczonych i obtoczonych występujących w piaskach plażowych Wolina zostało wykonane oddzielnie dla żwirów utworzonych ze skał krystalicznych, oddzielnie z wapieni i ze skał klastycznych (przeważnie piaszczowców).

Procentowy udział poszczególnych stopni obtoczenia podaje poniższe zestawienie:

Tab. 8. Obtoczenie żwirów plażowych, frakcja 10—20 mm w poszczególnych grupach skalnych (wartości w procentach)

Rounding of beach gravels, fraction 10—20 mm, in separate rocky groups (expressed in percentage)

Nr próbki	3			4			6			7			8		
	Kr	W	Kl	Kr	W	Kl	Kr	W	Kl	Kr	W	Kl	Kr	W	Kl
Zwiry kanciaste	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Częściowo obtoczone	60,2	4,6	35,0	51,1	12,3	51,4	72,0	13,5	51,8	61,3	25,8	79,0	70,0	15,0	42,9
obtroczone	38,4	95,4	65,0	49,9	87,7	49,6	28,0	86,5	48,2	38,7	74,2	21,0	30,0	85,0	57,1

Kr — żwiry utworzone ze skał krystalicznych — gravels formed of crystalline rocks

W — żwiry utworzone z wapieni — gravels formed of calcareous rocks

Kl — żwiry utworzone ze skał klastycznych — gravels formed of clastic rocks

Wśród żwirów plażowych z Wolina nie spotyka się materiału kanciastego, występują tylko elementy żwiru częściowo obtoczone i obtoczone. Najślabszy stopień obtoczenia wykazują okruchy krystaliczne (ryc. 11) niezależnie od miejsca występowania ich na wybrzeżu.

Zawierają one od 51,1 do 72% żwirów częściowo obtoczonych i od 28 do 49,9% żwirów obtoczonych. Również żwiry utworzone z materiału klastycznego (ryc. 13) mają duży odsetek wynoszący od 35 do 79% okruchów częściowo obtoczonych, a obtoczonych od 21 do 65%. Najlepszą obróbką mechaniczną odznaczają się żwiry wapienne (ryc. 12), wśród których częściowo obtoczonych jest od 4,6 do 25,8%, a obtoczonych od 74,2 do 95,4%.

Ilość żwirów częściowo obtoczonych wzrasta, a równocześnie zmniejsza się liczba żwirów obtoczonych w miarę jak przesuwamy się w kierunku wschodnim, wzdłuż wybrzeża ku wysokiej falezie w okolicy Międzyzdrojów (ryc. 14). Zjawisko to spowodowane jest dopływem słabo obtoczonego materiału skalnego wymywanego ciągle z falez przez kipiela morską.



Ryc. 12. Żwiry plażowe z Wolina utworzone z wapieni
 Beach gravels formed of calcareous rocks, from Wolin Island

Obróbka mechaniczna żwirów wywołana falowaniem silniej zaznacza się na skałach „jednorodnych”, zbudowanych z minerałów o podobnej twardości (wapień, piaskowce, łupki), niż na skałach zbudowanych z minerałów o różnej twardości (granity, gnejsy). W drugim przypadku, mimo obtoczenia, żwiry zachowują powierzchnię nierówną, gdyż twardsze miejsca zostały mniej starte niż te części powierzchni żwirów, które utworzone są z minerałów bardziej miękkich.

Charakteryzując obtoczenie żwirów należy zwrócić uwagę na fakt, że także w tych miejscach, gdzie na plaży występuje dużo żwirów tworzących pokrywy i wały, obtoczenie ich jest na ogół nieco słabsze niż

Tab. 9. Dane granulometryczne żwirów plażowych z Wolina (frakcja 10—20 mm)
Granulometric data of beach gravels from Wolin Island (fraction 10—20 mm)

Rodzaj okru- cha	Numery stanowisk z których pobrane zostały próbki																												
	2		3		4		5		6		7		8																
	L	E	L/E	L	E	L/E	L	E	L/E	L	E	L/E	L	E	L/E	L	E	L/E											
Skała klasty- czna	1	16,0	14,2	7,0	2,3	11,2	10,5	6,8	1,6	15,7	9,8	8,4	1,8	14,6	11,8	9,0	1,6	19,9	16,8	12,8	1,5	19,0	17,0	11,4	1,7	16,5	13,5	12,2	1,3
	2	14,0	12,3	5,8	2,4	14,1	11,4	8,1	1,7	16,3	14,2	7,5	2,2	14,4	13,3	7,5	1,9	16,0	11,4	9,8	1,6	10,2	9,8	5,7	1,8	16,6	11,0	10,8	1,5
	3	14,0	11,4	5,0	2,8	14,6	13,0	7,4	1,9	15,0	12,5	6,0	2,3	10,2	8,7	4,8	2,1	12,0	8,2	7,0	1,7	13,2	9,5	6,4	2,1	12,0	10,4	7,3	1,6
	4	14,5	10,8	4,6	3,1	14,3	13,5	6,5	2,2	17,2	10,5	7,4	2,4	16,0	13,5	6,4	2,5	16,0	11,7	9,0	1,8	15,0	11,2	6,5	2,3	13,0	3,0	8,0	1,7
	5	15,0	11,4	4,4	3,4	12,7	11,0	5,5	2,3	16,7	11,6	6,6	2,5	14,0	12,0	5,1	2,7	18,3	16,0	9,5	1,9	13,2	8,5	5,3	2,5	16,0	14,5	8,5	1,8
	6	14,0	10,5	3,5	4,0	12,5	9,8	4,9	2,5	13,5	12,0	4,7	2,9	12,5	11,6	4,4	2,8	13,2	10,2	6,0	2,2	12,3	8,3	4,7	2,6	17,0	12,5	9,0	1,9
	7	18,5	11,5	4,0	4,6	12,6	10,5	4,8	2,6	12,5	11,8	4,0	3,1	16,4	15,4	4,2	3,1	18,9	12,2	7,8	2,4	12,5	9,0	2,8	4,5	17,2	12,2	8,0	2,1
	8	17,0	11,5	3,2	5,3	16,0	14,0	5,5	2,9	19,4	16,7	5,4	3,6	14,0	11,1	4,4	3,3	19,4	12,2	7,8	2,5	10,5	9,0	2,3	4,6	14,5	12,0	6,1	2,4
	9	19,7	11,5	3,3	6,0	19,6	15,5	6,5	3,0	16,0	11,0	3,8	4,2	16,5	12,3	5,0	3,3	19,4	10,6	7,2	2,7	12,5	9,0	2,5	5,0	13,7	12,0	5,5	2,5
	10	15,3	13,2	2,0	7,6	19,0	10,8	5,6	3,4	12,0	11,0	2,2	5,4	14,8	10,5	4,1	3,6	18,0	17,2	6,2	2,9	10,8	9,2	1,5	7,2	19,4	15,4	6,5	2,9
Skała wa- pienna	11	11,2	8,0	4,7	2,2	12,5	10,0	6,2	2,0	15,2	9,6	7,0	2,1	10,8	9,7	7,0	1,6	16,8	12,0	11,8	1,4	10,6	9,0	6,0	1,8	17,0	16,2	12,0	1,4
	12	10,7	10,0	4,4	2,4	12,2	11,4	5,6	2,2	14,8	12,5	6,8	2,2	13,0	11,9	8,0	1,6	12,7	8,8	8,0	1,6	10,5	8,5	5,5	1,9	19,0	12,2	11,5	1,6
	13	10,7	7,8	4,1	2,6	11,5	9,0	4,9	2,3	15,2	8,2	6,0	2,5	12,2	11,0	7,0	1,7	18,2	13,0	11,0	1,7	16,8	14,5	7,3	2,1	14,6	13,5	8,5	1,7
	14	13,0	9,8	4,0	3,3	11,5	9,5	4,5	2,5	15,7	12,3	5,7	2,7	11,8	10,2	6,4	1,8	11,7	7,5	6,4	1,9	18,2	14,4	8,2	2,2	13,7	12,0	7,5	1,8
	15	16,7	8,8	4,5	3,7	15,2	10,8	5,7	2,7	15,2	11,0	5,2	2,9	14,6	12,2	7,5	1,9	10,0	12,0	10,0	2,0	15,5	14,2	6,4	2,4	14,5	10,0	7,7	1,9
	16	16,8	12,2	4,0	4,2	16,0	11,5	5,7	2,8	18,2	10,8	6,0	3,0	17,2	15,4	8,5	2,0	12,0	10,0	5,8	2,1	10,4	9,5	4,1	2,5	20,0	12,4	10,0	2,0
	17	17,3	12,5	4,0	4,3	17,2	12,1	5,5	3,1	19,4	8,6	6,3	3,1	15,1	11,0	6,8	2,2	14,7	10,5	6,8	2,2	14,7	10,0	5,5	2,7	18,0	12,7	8,4	2,1
	18	16,8	9,1	3,3	5,1	15,0	10,1	4,5	3,3	17,4	16,8	5,5	3,2	15,8	14,3	6,2	2,5	18,8	12,5	8,0	2,3	14,2	10,1	4,7	3,0	19,4	12,8	8,7	2,2
	19	17,6	13,8	3,0	5,8	17,2	14,6	4,0	4,3	19,5	15,5	5,6	3,5	16,0	15,3	6,0	2,7	17,0	13,7	5,8	2,9	11,7	7,5	3,0	3,9	17,2	11,8	6,5	2,5
	20	19,8	14,0	2,8	7,0	19,0	12,6	3,7	5,1	17,4	13,5	4,5	3,9	10,4	9,4	3,5	2,9	18,5	13,8	4,0	4,6	13,0	6,2	1,8	7,2	15,0	9,6	5,5	2,7
Skała krysta- liczna	21	13,0	10,4	6,7	1,9	15,5	13,0	10,8	1,4	13,0	11,8	8,0	1,6	13,5	12,5	10,0	1,3	11,2	8,5	8,9	1,3	13,5	12,8	9,9	1,3	14,3	13,5	11,3	1,3
	22	12,3	9,0	5,8	2,1	12,2	9,9	7,5	1,6	15,5	12,5	9,0	1,7	13,5	10,8	8,5	1,5	15,4	13,1	10,5	1,5	10,4	10,0	6,8	1,5	18,5	16,8	13,6	1,4
	23	12,5	12,2	5,3	2,3	13,4	11,4	7,5	1,8	17,3	11,0	8,8	1,9	11,8	9,5	6,9	1,7	14,3	12,3	8,6	1,7	13,0	11,7	7,5	1,7	15,6	13,5	10,5	1,5
	24	14,1	9,4	5,3	2,6	13,2	10,6	6,2	2,1	1,8	10,0	5,7	2,1	14,5	12,5	6,9	2,1	16,8	14,5	9,0	1,9	18,5	11,4	10,4	1,8	15,5	13,4	9,2	1,7
	25	13,7	9,6	4,9	2,8	17,0	12,5	6,8	2,5	17,6	13,5	6,4	2,4	15,0	11,5	6,5	2,3	13,4	12,0	6,5	2,1	17,7	11,0	8,7	2,0	15,3	9,5	8,0	1,9
	26	11,4	9,6	3,8	3,0	16,5	12,5	6,0	2,7	17,5	10,8	6,0	2,9	12,6	10,2	4,8	2,6	11,5	9,5	5,3	2,2	14,5	10,5	6,5	2,2	18,2	14,0	8,3	2,2
	27	12,5	10,7	3,7	3,3	16,8	10,5	6,0	2,8	18,4	12,8	6,0	3,1	17,2	14,5	6,0	2,9	16,8	14,5	7,2	2,3	17,0	12,3	7,5	2,3	17,0	11,0	7,6	2,4
	28	17,5	13,5	4,1	4,2	19,3	14,2	6,6	2,9	19,3	11,0	5,8	3,3	16,0	11,6	5,1	3,1	10,6	9,5	4,5	2,4	10,6	12,3	7,7	2,5	18,3	15,6	7,0	2,6
	29	20,0	8,5	4,1	4,8	18,0	14,0	5,3	3,4	17,5	12,0	5,0	3,5	16,0	13,2	4,5	3,5	16,1	10,0	6,4	2,5	15,2	10,3	5,2	2,9	18,6	15,5	6,0	3,1
	30	14,5	13,2	1,9	7,6	14,0	10,2	4,0	3,5	18,0	12,5	4,8	3,7	18,0	14,7	4,5	4,0	13,2	11,7	3,4	3,8	15,5	13,5	5,0	3,1	16,0	14,0	5,2	3,4

L, l, E — długość, szerokość i grubość otoczaka — length, breadth, thickness of a cobble.

Wartości liczbowe L/E zaokrąglone do pierwszego miejsca po przecinku.

Values L/E are rounded so that only number after the decimal point is left.



Ryc. 13. Żwirry plażowe z Wolina utworzone ze skał klastycznych
Beach gravels formed of clastic rocks, from Wolin Island

żwirów, które tkwią w materiale drobniejszym. Żwirry ulegają lepszemu obtoczeniu na skutek ścierania się o piasek niż o materiał skalny grubszych frakcji. Jest to o tyle zrozumiałe, że powierzchnia ulegająca ciągłej obróbce mechanicznej (ścieraniu) jest w pierwszym przypadku większa niż w drugim. Na podobny fakt wygładzania okruchów skalnych występujących w utworach fluwioglacjalnych za pomocą mułku i piasku zwrócił uwagę J. Tricart (44, s. 134), który stwierdził, że szlifowanie za pomocą piasku i mułku stanowi również potężny czynnik zaokrąglania.

Na podstawie obserwacji terenowych oraz wyników analiz i morfometrii piasków i żwirów z Wolina można wyciągnąć następujące wnioski:

1) Wszystkie rodzaje piasków z zachodniego odcinka wybrzeża Wolina wykazują duże podobieństwo w występowaniu tych samych gatunków minerałów ciężkich.

2) Różnice w składzie mineralnym pomiędzy piaskami plażowymi a nawianymi polegają jedynie na większym procentowym udziale granatu w piaskach nawianych niż w piaskach plażowych oraz na zmniejszeniu się udziału amfibolu i piroksenu w piaskach nawianych.

3) Wszystkie rodzaje piasków z zachodniego odcinka wybrzeża Wolina wykazują podobny stopień obtoczenia ziarn kwarcu we frakcjach 0,25—0,50 mm i 0,50—1,00 mm.

4) Najważniejszą cechą umożliwiającą odróżnienie piasków plażowych od nawianych na zachodniej części wybrzeża Wolina jest wskaźnik uziarnienia osadu.

5) Ułożenie wydłużonych żwirów plażowych równoległe do wybrzeża spowodowane jest, jak wskazują wykonane doświadczenia w okolicy Międzyzdrojów, głównie działalnością fali powracającej.

6) Spłaszczenie żwirów plażowych wykazuje silniejszą od obtoczenia zależność kształtu żwirów od źródła zasilania.

7) Obróbka mechaniczna żwirów wywołana falowaniem zaznacza się silniej na skałach zbudowanych z minerałów o podobnej twardości.



Ryc. 14. Plaża i stromy klif w okolicy Międzyzdrojów
The beach and a steep cliff, the environs of Międzyzdroje

Fot. autor

LITERATURA

1. Blenk M.: Ein Beitrag zur morphometrischen Schotteranalyse. Zeitschr. für Geomorph., B. 4, H. 3/4, Göttingen—Berlin 1960.
2. Bobrowski W.: Ocena wielkości i stopnia obtoczenia ziarn skalnych. Przegl. Geol., z. 8, Warszawa 1953.
3. Bobrowski W. i Kociszewska-Musiał G.: Analiza żwirów Dunajca między Tatrami a Pieninami na tle morfologii i geologii obszaru zlewni (Analysis of Dunajec Gravels, between Tatra Mountains and Pieniny Water Gap) Kwart. Geol., 2, t. 3, Warszawa 1959.
4. Bobrowski i Kossakowska-Such J.: Pomiar stopnia obtoczenia ziarn skalnych (Roundness Degree Measurement of Rock Grains). Przegl. Geol. z. 9, Warszawa 1960.
5. Bolewski A.: Rozpoznawanie minerałów na podstawie cech zewnętrznych i własności chemicznych. Warszawa 1955.
6. Bouillet G., Cailleux A.: L'indice d'émousse de silex. C. R. Soc. Géol., France, Paris 1948.
7. Bouillet G., Cailleux A.: L'indice d'émousse des galets de quartz. C. R. Soc. Géol. France, Paris 1949.
8. Bouillet G., Cailleux A.: L'indice d'émousse des galets de gneiss. C. R. Soc. Géol. France, Paris 1949.
9. Bouillet G., Cailleux A.: L'indice d'émousse des roches volcaniques compactes. C. R. Soc. Géol., France, Paris 1949.
10. Cailleux A.: La disposition individuelle des galets dans les formations détritiques. Rev. de Géogr. Phys. et de Géol. Dyn., vol. XI, Paris 1938.
11. Cailleux A.: L'indice d'émousse, définition et première application. C. R. Somm. Géol. France, Paris 1947.
12. Cailleux A.: Morphoskopische Analyse der Geschiebe und Sandkörner und ihre Bedeutung für die Paläoklimatologie. Geol. Rundsch., B. 40, H. 1, Stuttgart 1952.
13. Cailleux A., Tricart J.: Initiation à l'étude des sables et des galets, t. I—III, Paris 1959.
14. Chabakow A. W.: Dinamiczeskaja paleogeografia, jejo zadaczi i wozmożnosti. Trudy Wsies. Geogr. Sjezda, t. 2, Moskwa 1948.
15. Czekańska M.: Fale burzowe na południowym wybrzeżu Bałtyku. Bad. fizjograf. nad Polską zachodnią, nr 1, Poznań 1948.
16. Dorywalski M.: Zastosowanie wskaźnika zaokrąglenia do badań peryglacjalnych. Biul. Perygl., nr 1, Łódź 1954.
17. Goguel J.: A propos de la mesure des galets et de la définition des indices. Rev. Géom. Dyn., nr 3, Paris 1953.
18. Gołąb J.: Badania nad wskaźnikiem gładowym utworów morenowych Wielkopolski. Księga pam. XIV Zjazdu lekarzy i przyrodników polskich w Poznaniu 1933, Poznań 1933.
19. Guggenmoos T.: Über die Korngrößen und Kornformenverteilung von Sanden verschiedener geologischer Entstehung. Neues Jb. Miner., Geol. und Paläont., B. 73, Stuttgart 1934.
20. Johnson D. W.: Shore Processes and Shoreline Development. New York 1919.
21. Karczewski A. i Stankowski W.: Z badań wybrzeża morskiego na

- Pomorzu Zachodnim. Zeszyty Naukowe Uniw. im. A. Mickiewicza w Poznaniu, Geografia z. 3, 1960.
22. Klenowa M. W.: Geologija morja. Moskwa 1948.
 23. Kosmowska-Ceranowicz B.: Zachowanie się otoczków wapieni i dolomitów we współczesnych osadach Koprzywianki (Behaviour of Limestone and Dolomite Pebbles in Recent Koprzywianka Deposits. — Święty Krzyż Mts). Zbiór prac i komunikatów treści geologicznej, I. G., Warszawa 1960.
 24. Krumbein W. C.: Preferred Orientation of Pebbles in Sedimentary Deposits. *Journal of Geology*, vol. XLII, Chicago 1939.
 25. Krygowski B.: Z badań granulometrycznych nad utworami plejstocen-skimi w Polsce zachodniej (Granulometric Investigation of the Pleistocene of Western Poland). I. G. Biul. 100, Warszawa 1956.
 26. Krygowski B.: O granulometrycznej zmienności w glinie morenowej z Szeląga pod Poznaniem (On the Granulometric Variability of Boulder Clay of the Baltic Glaciation). *Bad. fizjograf. nad Polską zachodnią*, t. 3, Poznań 1956.
 27. Krygowski B.: Niektóre dane o piaskach wydmy śródlądowych na terenie Polski i obszarów przyległych (Quelques données sur les sables des dunes continentales). *Wydmy Śródlądowe Polski*, cz. I, Warszawa 1958.
 28. Książkiewicz M.: Geologia dynamiczna. Warszawa 1959.
 29. Monografia Odry. Studium Zbiorowe. Poznański Instytut Zachodni. Poznań 1948.
 30. 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 (1955), Lublin 1956.
 31. Nawara K.: Analiza kształtu otoczków w górnym biegu Dunajca i jego dopływach na Podhalu (Analysis of the Shape of Pebbles in the Upper Course of the Dunajec River and in Its Podhale Tributaries North of the Tatra Mts). Zbiór prac i komunikatów treści geologicznej I. G., Warszawa 1960.
 32. Pacal Zduněk: (Praha) Cyrkon w piaskach nadmorskich Bałtyckiego wybrzeża NRD. *Przegl. Geol.*, z. 5. Warszawa 1957.
 33. Pernarowski L.: O procesie sortowania piasków eolicznych (Notes on Sorting of Aeolian Sands). *Czasop. Geogr.*, t. XXX, Wrocław 1959.
 34. Piasecki D.: Wstęp do badań procesów brzegowych. *Wiad. Służby Hydr. Meteorol.*, t. 4. Warszawa 1954.
 35. Pustowałow L. W.: Petrografia osadocznnych porod. cz. 1 i 2, Gostechizdatielstwo. Moskwa—Leningrad 1940.
 36. Racinowski R. i Rzechowski J.: Z badań nad granulometrią osadów plejstocen-skich 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 (1959), Lublin 1960.
 37. Ruchin Ł. B.: *Osnovy litologii*. Leningrad—Moskwa 1953.
 38. Sauramo M.: *Das Rätsel des Ancylyssees* *Geol. Rundsch.*, Bd. 42, H. 2, Stuttgart 1954.
 39. Sawicka E.: Minerale ciężkie w piaskach plażowych polskiego wybrzeża Bałtyku (Tjazelyje mineraly iż pljażewych piesków bałtyjskiego pobiereżia). I. G. Blud. 10, Warszawa 1953.
 40. Szafer W.: *Szata Roślinna Polski*. Tom I—II. Warszawa 1959.
 41. Trembaczowski J.: Profil dyluwialny w Klementowicach koło Puław.

- (Diluvialprofil in Klementowice bei Puławy), Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sec. B, vol. VII (1952), Lublin 1955.
42. Tricart J., Schaeffer R.: L'indice d'émousse des galets, moyen d'étude des systèmes d'érosion. Rev. Geomorph. Dyn., vol. 4, Paris 1950.
 43. Tricart I.: Zagadnienia geomorfologiczne. PWN, Warszawa 1960.
 44. Turnau-Morawska M.: Znaczenie analizy minerałów ciężkich w rozwiązywaniu zagadnień geologicznych. Acta Geol. Pol., vol. V, 3, Warszawa 1955.
 45. Unrug R.: Współczesny transport i sedymentacja żwirów w dolinie Dunajca (Recent Transport and Sedimentation of Gravels in the Dunajec Valley — Western Carpathians). Acta Geol. Pol., vol. VII, 2, Warszawa 1957.
 46. Wade H.: Sphericity and Roundness of Rock Particles. Journ. of Geol., vol. XLI, nr 3, Chicago 1933.
 47. Wentworth C. K.: A Method of Measuring and Plotting the Shapes of Pebbles. U. S. Geol. Survey Bul., No 730, Washington 1922.
 48. Wojno T. J. i Pentlakowa Z.: Właściwości techniczne skał. Warszawa 1956.

РЕЗЮМЕ

Летом 1960 года автором проводились полевые исследования в западной части побережья острова Волин на участке между Хожелином и Мендзыздрое. Основной целью исследований было определение минерало-петрографической характеристики и морфометрии песков и гравия из побережья острова. Кроме того, измерялись азимуты длинных осей галек, имеющих на пляже у самого берега моря, по 100 измерений из 4 участков побережья. Азимуты помещены в таблице, из которой вытекает, что направление длинной оси галек во всех исследованных точках побережья согласуется с направлением береговой линии.

Автором производились опыты, из которых явствует, что сложение продолговатых пляжевых галек параллельно побережью, обусловлено главным образом деятельностью возвратной волны.

Вторым вопросом, поставленным автором, была попытка выяснить существуют ли различия в минералогическом составе, степени сортировки материала и окатанности зерен кварца между песком пляжа и золотыми песками, слагающими вал береговых дюн.

Из произведенных минералогических анализов вытекает, что все воды песков из западного отрезка побережья острова Волин показывают заметное сходство относительно присутствия тех же видов тяжелых минералов. Различия в минеральном составе между песками пляжа и золотыми отложениями состоят лишь в большем процентном участии граната в золотых песках чем в пляжевых, а также в уменьшении участия амфибола и пироксена в золотых песках.

Среди тяжелых минералов, присутствующих в песках острова Волин, часть минералов имеет в большинстве случаев острогранные очертания, а именно — гранат, циркон и биотит, остальные являются в большинстве случаев окатанными: пироксен, эпидот, рутиль. Анализируя различие форм этих минералов можно сказать, что различие форм тяжелых минералов очень трудно объяснить, во всяком случае их физические свойства не имели решающего влияния на степень окатанности.

Окатанность зерен кварца из пляжевых и золowych песков исследовалась при помощи фотоувеличителя, фиксируя контуры зерен на фотоснимках. Из проведенных анализов вытекает, что так пляжевые как и золочые пески из западного отрезка побережья острова Волин показывают сходство в степени окатанности зерен кварца фракций 0,2—0,50 мм и 0,50—1,00 мм.

Самой важной чертой, позволяющей отличить пляжевые пески от золowych в исследованном участке является показатель зернистости песков (U), вычисленный на основании соотношения фракций 0,0—0,5 мм (A) к фракции больше 0,5 мм (B).

Величина показателя зернистости песков колеблется в пределах 5,41—82,33, в то время как для золowych песков 99—499.

Автор обратил также внимание на матовый вид зерен кварца, но не подсчитывал процентного соотношения матовых зерен к прозрачным, потому что как среди пляжевых так и золowych песков очень много зерен имело матовую поверхность. Матовые зерна встречаются у кварца окатанного, частично окатанного и неокатанного. Этот факт заставляет предполагать, что матовые зерна в этом случае не связаны непосредственно с золочой деятельностью, но зависят по-видимому от других причин.

Дальнейшие исследования автора касались морфометрии и петрографического анализа гравия фракции 10—20 мм. Исследовались гравии из семи пунктов побережья, расположенных между Хожелином и клиффом в Мендзыздрых. Было констатировано, что на этом участке побережья преобладал гравий, сложенный кристаллическими обломками и в меньшем количестве из осадочных пород. Участие отдельных групп пород в пляжевом гравии более или менее постоянное, независимо от расположения места взятия пробы. Это позволяет предполагать, что все они происходят из размыва одного ледникового отложения.

Автором изучалась также сплюснутость галек на основании 4-степенной шкалы. Из вычислений вытекает, что сплюснутость галек более чем окатанность зависит от расстояния источника исходного материала.

Второй очень важной чертой в морфометрических исследованиях галек является анализ степени окатанности. Для определения степени окатанности существуют разные шкалы, обычно многостепенные. Автор предлагает трехстепенную шкалу окатанности, определяя отдельные степени окатанности и дает способ вычисления отдельных видов галек.

Из проведенных измерений следует, что среди гравия пляжа острова Волин нет неокатанных обломков. Имеются лишь частично окатанные и окатанные. Кроме того намечается зависимость окатанности гравия от расстояния от клиффа. Механическая обработка гравия, вызванная волнением, намечается сильнее в породах, сложенных минералами сходной твердости.

S U M M A R Y

In the summer of 1960 the author carried out field investigations at the seaside, in the western part of Wolin Island, between Chorzelin and Międzyzdroje villages. The main objective of these investigations was a characteristic of sands and gravels, including morphometric, mineralogic and petrographic features. In addition, measurements were taken of azimuths of the longer axis of cobbles which had been found close to the shoreline.

One hundred measurements were taken in four different places of the beach. The table, on which azimuths are presented, show that the direction of the longer axis of the cobbles is mostly parallel to the shoreline, in all investigated places.

Another problem the author is dealing with is to explain whether there are any differences between the beach sands and the sands of which the dunes are formed on the beach as far as mineralogic composition, degree of sorting of sediment, and degree of rounding of quartz grains are concerned.

Mineralogical analysis shows that all kinds of sands belonging to the western part of Wolin Island show the presence of the same kinds of heavy minerals. The difference between the beach sands and those brought by the wind consists in a higher percentage of garnet and in a lower proportion of amphibol and pyroxen in the dune sands.

Among the heavy minerals which occur in the Wolin Island sands a majority of them have an angular shape (garnet, zircon, biotit) the rest being rounded (pyroxen, epidot, rutile). An analysis of the shape of those minerals allows the author to conclude that the differentiation

of the shape of heavy minerals is difficult to explain. At any rate a degree of rounding did not depend on their physical features.

The rounding of quartz grains of beach sands and those brought by the wind was investigated by taking pictures of their shape, by photographic enlarger. The results obtained show that the beach sands and those brought by the wind, in the western part of Wolin Island, show a similar degree of rounding of quartz grains in the fractions 0.25—0.50 mm and 0.50—1.00 mm.

The chief feature which permits to tell the beach sands from those brought by the wind is an index of sand graining (U) calculated on the basis of the relationship between the fraction of the sediment 0.0—0.5 mm (A) over the fraction of the sediment higher than 0.5 mm (B).

The index of graining for the beach sands ranges from 5.41 to 82.33, that for the sands brought by the wind being from 88 to 499.

The author paid attention to the degree of dullness of quartz grains but he avoided their calculation in percentage because of a high proportion of dull grains in both kinds of sands. Dull grains are found among rounded quartz grains, angular and partly rounded. This fact allows an assumption that dullness of grains is not connected with the eolic activity but depends, in this case, on other reasons.

Further investigations concern the morphometry and a petrographic analysis of gravels including fraction 10—20 mm. The examination of gravels belonging to seven different places, situated between Chorzelin village and the cliff in Międzyzdroje, was carried out. A conclusion has been reached that in this part of the seaside gravels composed of crystalline particles are prevalent over those formed of sediment material. The proportion percentage of separate rocky groups in beach gravels is steady, irrespective of the situation of the place from which samples were taken. This makes the author assume that their origin is due to the erosion of the same layer of glacial sediment.

Next, an analysis of the flattening of gravels on the basis of a four-degree scale was made. The results show that the flattening of gravels more than their rounding depends on a distance which separates them from the cliff.

An analysis of the degree of rounding is another important feature in the morphometric examinations of gravels. There exist many-degree scales to determine the degree of rounding of gravels. The author used a three-degree scale. By means of it he determined separate degrees of rounding and showed how to calculate the proportion percentage of angular, partly rounded and rounded gravels in the sample under examination.

The results of measurements taken during the investigations show that the beach gravels from Wolin Island lack angular particles; only partly rounded and rounded gravels occur in them. Apart from that a dependence of the rounding of gravels on a distance from the cliff has been stated. A mechanical rounding of gravels, caused by the activity of waves, is found to be stronger on rocks made up of minerals of similar durability.