ROCZNIK POLSKIEGO TOWARZYSTWA GEOLOGICZNEGO
ANNALES DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE POLOGNE

Tom (Volume) XXXV — 1965 Zeszyt (Fascicule) 1 Kraków 1965

ROMAN RACINOWSKI

LITOLOGIA I DYNAMIKA TWORZENIA SIĘ OSADÓW PIASZCZYSTYCH STREFY BRZEGOWEJ W DARŁÓWKU I USTCE

(4 fig.)

Lithology and Origin of Sands of the Littoral Zone at Darłówek and Ustka

(4 Figs.)

S t r e s z c z e n i e. W oparciu o wyniki badań składu granulometrycznego, mineralnego oraz obtoczenia ziarn kwarcu z materiału zebranego w Darłówku i Ustce podano charakterystykę osadów strefy brzegowej w profilu poprzecznym od nadbrzeża po przybrzeże. Stwierdzono, że pod wpływem działalności wód potoku przyboju występuje zróżnicowanie osadów pod względem składu mineralnego i uziarnienia.

W ciągu ostatnich dziesięciu lat przejawia się w Polsce coraz większe zainteresowanie współczesnymi osadami brzegowymi Bałtyku. Badania tych osadów prowadzone są pod kilkoma aspektami.

Występowanie minerałów ciężkich w piaskach plażowych było przedmiotem pracy E. S a w i c k i e j (1953), która w obrębie polskiego wybrzeża wyróżnia trzy prowincje mineralne: prowincję granatu, amfiboli i piroksenów oraz prowincję mieszaną. Stwierdza również, że skład minerałów ciężkich w materiale plażowym jest podobny do występującego wśród osadów glacjalnych. J. Ł o z i ń s k i i H. M a s i c k a (1962) badali minerały ciężkie w piaskach plażowych Zatoki Gdańskiej wykazując, że stosunek amfibolu do granatu związany jest z procesami wzbogacania osadu w minerały ciężkie. Granat wykazuje przewagę nad amfibolem w piaskach wzbogaconych w minerały ciężkie, amfibol natomiast dominuje w osadach plażowych o małej zawartości minerałów ciężkich.

Drugi kierunek badań zajmuje się analizowaniem materiału występującego w obrębie całej strefy brzegowej. A. K a r c z e w s k i i W. S t a n k o w s k i (1960) prowadzili badania na Pomorzu Zachodnim. Stwierdzają oni, że w obrębie plaży żwiry ułożone są dłuższymi osiami równolegle do osi fal. M. J a h n (1962) analizuje zmiany obtoczenia i spłaszczenia żwirów wzdłuż i poprzek plaży w Międzyzdrojach. Podkreśla ona związek zmian morfometrycznych żwirów z położeniem ich w profilu poprzecznym brzegu, długością transportu oraz środowiskiem (charakter dna), w którym zachodzi obróbka mechaniczna żwirów. Zwraca również uwagę na kierunek transportu żwirów, który wbrew przyjętym poglądom odbywa się ze wschodu na zachód.

W znacznie szerszym ujęciu bada osady brzegowe Wolina J. M o r a w s k i (1961), który obok problemów związanych z wpływem falowania na kształt i ułożenie żwirów (osie dłuższe otoczaków skierowane są równolegle

do linii brzegowej) bada skład mechaniczny i mineralny piasków plaży i nadbrzeża. Zaobserwował on duże podobieństwo w jakości obróbki mechanicznej między materiałem plażowym i nadbrzeża. Różnice występują tylko w uziarnieniu oraz w większej ilości granatu w piaskach nawianych, w przeciwieństwie do brzegowych, w których przeważa amfibol i piroksen.

Trzeci kierunek badań osadów brzegowych zajmuje się obserwacją wpływu działalności wód morskich na morfologię strefy brzegowej (obserwacje takie prowadzili między innymi D. P i a s e c k i (1954), A. K a r c z e w s k i (1960), S. R u d o w s k i (1962).

Obserwacje prowadziłem w lipcu 1962 roku w Darłówku na zachód od plaży miejskiej (profil 1, fig. 1) oraz na „dzikiej plaży" 1,5 km na wschód od ujścia Wieprzy (profil 2, fig. 2), w Ustce 200 m na zachód od ośrodka wczasowego „Włókniarz" (profil 3, fig. 3). W oparciu o zebrany materiał starałem się uchwycić wpływ działalności wód morskich dający się zauważyć w strefie brzegowej, na charakter litologiczny występujących tam osadów.

W pracy dla określenia elementów morfologicznych wybrzeża posłużyłem się terminologią stosowaną przez S. R u d o w s k i e g o (1962). Próbki piasku pobierano metalowym czerpakiem o pojemności 200 cm^3, materiał zaś niesiony przez wody potoku przyboju (napływające i spływające) chwytano w woreczki plastykowe umieszczone 1 cm nad dnem.

Ułożenie ziarn osadu na dnie po przejściu napływu i spływu „utrwalano" na płytkach szklanych pokrytych „krystalcementem", które przykładano do dna w tym samym miejscu dla tego samego przyboju. Tak dla napływu jak i spływu przykładano równocześnie dwie płytki, orientując je zgodnie z linią brzegową, która była równocześnie podstawą odniesienia przy wykonywaniu pomiarów kierunków osi dłuższych ziarn piasku. W pracy przedstawiłem tylko średnie wyniki uzyskane na podstawie pomiarów z dwóch płytek.

W analogiczny sposób „utrwalono" ziarna niesione w zawieszeniu przez potok przyboju. W tym celu płytki pokryte klejem zanurzano pionowo do głębokości 1 cm od dna na okres około 1/2 sek. Zebrane próbki poddano analizom mechanicznym.

Dla poszczególnych próbek ustalono skład mineralny, który badano w następujących przedziałach średnic: 2—1 mm, 1—0,5 mm, 0,5—0,25 mm, 0,25—0,1 mm. We frakcji 2—1 mm wydzielono: kwarc, skały krystaliczne i ich składniki bez kwarcu, wapienie, piaskowce; w średnicach drobniejszych zaś od 1 mm wyróżniono: kwarc, skalenie, inne minerały skał krystalicznych, składniki węglanowe.

Na podstawie otrzymanych wyników stwierdzono, że najpospolitszym składnikiem jest kwarc, którego udział przekracza 80%. Tylko we frakcji 2—1 mm reprezentowany jest w mniejszych ilościach, bo około 50%. Najmniejsza zawartość kwarcu występuje w piasku o zabarwieniu wiśniowym, w którym stwierdzono jego udział poniżej 20%. We frakcji 2—1 mm około 30% ziarn stanowią skały krystaliczne (okruchy granitów, gnejsów, łupków krystalicznych i inne). Około 5% przypada na piaskowce, przeważnie są to skały o lepiszczu krzemionkowym, lub piaskowce arkozowe.

Składniki węglanowe reprezentowane są przeważnie przez wapienie, w małych ilościach występują ziarna kalcytu, ponadto stwierdza się ułamki muszli, które były pomijane przy wyliczeniach składu mineralnego. Zauważyć można, że wraz ze zmniejszaniem się średnicy maleje ilość węglanów. Taką samą tendencję posiadają skalenie, które w większości są skaleniami potasowymi mniej lub więcej zwietrzałymi.

Inne minerały skał krystalicznych to minerały nieprzezroczyste (magnetyt, ilmenit, hematyt i inne), amfibole, pirokseny, biotyt, muskowit, cyrkon, epidot oraz znaczne ilości granatu.

W tych samych frakcjach, w których wykonano badania składników mineralnych (lekkich), obserwowano również kształt ziarn kwarcu. Okruchy te fotografowano powiększalnikiem (J. Morawski, 1956), sprowadzając ziarna różnych frakcji do podobnej wielkości, aby uzyskać większą porównywalność wyników. Określenie kształtu ziarn oparto na wzorcu Wistieliusa (1960) stosując nie osiem klas obróbki mechanicznej, lecz tylko cztery wydzielenia: ziarna skrajnie kanciaste (współczynnik zaokrąglenia wg wzoru Wadella 0,1 ÷ 0,2), ziarna kanciaste (zaokrąglenie 0,3 ÷ 0,4), ziarna częściowo obtoczone (zaokrąglenie 0,5 ÷ 0,6) ziarna obtoczone (zaokrąglenie 0,7 ÷ 0,8).

Wyniki składu granulometrycznego (w procentach wagowych) oraz składu mineralnego i obróbki ziarn (w procentach ilości ziarn) przedstawiono graficznie na fig. 1—4.

Minerały ciężkie oddzielono w bromoformie o gęstości 2,90 z frakcji 0,5—0,1 mm. Oznaczenia prowadzono na 500 ziarnach, otrzymane wyniki przedstawiono w tabeli 1 [1].

LITOLOGIA OSADÓW STREFY BRZEGOWEJ

Spostrzeżenia prowadzone w strefie brzegowej zasługują na szczególnie dużą uwagę ze względu na to, że następuje tu pod wpływem dynamiki wód morskich bardzo szybka ciągła przemiana makro- i mikroform rzeźby, nieustanne zmiany charakteru litologicznego osadów.

W obrębie trzech badanych przeze mnie profilów występują cztery genetycznie różne typy osadów.

1. osady przybrzeża formowane współcześnie przez oddziaływanie falowania morskiego;
2. osady strefy potoku przyboju tworzące się podczas napływu i spływu wody morskiej na brzeg;
3. osady plażowe powstałe pod działaniem morza w czasie sztormów i przemodelowane po ustąpieniu „wysokiej wody" przez wiatr;
4. osady nadbrzeża występujące w postaci wałów wydmowych, które nazwać można osadem utrwalonym, gdyż znacznie wolniej ulegają procesom przemiany niż materiał leżący na brzegu i przybrzeżu.

1. Litologia osadów przybrzeża

W obrębie przybrzeża następuje ostateczne załamanie się fal, które przechodzą w potok przyboju. Siła wody tych zdeformowanych fal jest na tyle duża, że powoduje znaczne przemieszczanie cząstek mineralnych.

W strefie załamywania się fal obserwowałem na dnie mikroformy typu zmarszczek falowych asymetrycznych. Amplituda ich wynosiła 2—5 cm, rozstęp 30—44 cm. Grzbiety zbudowane są z materiału drobniejszego; do-

[1] Przy planimetrowaniu nie zostały uwzględnione pojedyncze ziarna chlorytu, glaukonitu, oliwinu, silimanitu, topazu. W zestawieniu przedstawiono tylko minerały niemagnetyczne. Zawartość minerałów magnetycznych w przebadanych próbkach wahała się od 0,5—9,8% (wagowych) wszystkich minerałów ciężkich.

Próbka Nr	Minerały ciężkie w %% wag.	Udział minerałów ciężkich				
		Amfibol	Apatyt	Biotyt	Cyrkon	Dysten
		Mineraly w %%				
						Darłówek
1	4,3	32,5	—	5,7	0,7	—
2	6,5	39,0	0,6	2,9	—	4,3
3*	4,8	23,0	—	4,2	0,8	5,1
4**	3,5	25,0	1,7	2,8	—	1,2
5	3,8	30,0	—	7,4	0,4	0,3
6	3,7	26,0	—	5,2	0,4	1,2
7	4,3	40,0	—	4,8	—	3,0
8	4,0	21,2	—	7,8	2,7	0,6
						Darłówek
9	6,7	14,8	0,9	6,6	1,8	3,2
10	4,5	20,8	0,5	2,5	0,2	3,9
11	4,8	21,4	—	3,0	3,2	3,0
12	5,3	33,1	2,7	2,4	2,6	1,7
13	5,3	34,3	1,5	1.6	—	—
14	6,3	17,5	—	3,7	2,5	—
15	9,8	17,1	1,2	3.6	3,4	1,8
16*	5,5	26,2	—	7,4	—	0,9
17**	3,8	31,3	1,1	2,8	—	2 4
18	6,1	13,6	—	2,0	0,2	1,7
19	6,0	23,6	0,5	7,1	1,4	5,1
20	90,8	7,0	—	3,2	—	1,6
21	5,0	18,8	2,5	6,0	2,1	—
						Ustka
22	4,3	25,8	—	1,0	2,2	2,0
23	3,7	17,2	2,2	3,5	2,2	2,5
24	3,9	18,6	4,6	2,0	0,5	0,4
25	4,1	10,4	—	0,8	2,9	2,6
26	5,7	31,4	0,1	6,0	4,7	6,0
27*	4,5	27,3	1,2	2,0	2,3	1,0
28**	3,2	32,1	1,1	1,0	1,5	2,5
29	4,2	16,5	0,6	4,3	5,9	4,0
30	4,3	18,3	1,5	6,8	1,5	4,3

* Minerały ciężkie z materiału unoszonego w zawieszeniu wodami napływu.
** Minerały ciężkie z materiału unoszonego w zawieszeniu wodami spływu.

minują frakcje 1,0—0,1 mm z przewagą ziarn o średnicy 0,5—0,25 mm. W bruzdach zalega materiał grubszy.

Wydaje się, że powstawanie zmarszczek asymetrycznych jest spowodowane dość silnym ruchem wody zachodzącym przy wietrze o sile 7

Tabela 1

w piaskach strefy brzegowej

Epidot	Granat	Piroksen	Rutyl	Staurolit	Turmalin	Minerały nieprzezroczyste
objętościowych						
profil 1						
4,4	32,8	4,5	0,6	2,4	—	16,4
—	13,7	5,9	2,9	2,8	0,9	27,0
4,4	21,8	3,2	1,3	2,7	0,8	32,8
4,3	18,3	5,6	2,2	8,8	1,0	29,1
1,6	15,3	3,0	1,0	3,5	1.0	36,5
3,6	15,0	6,2	3,5	3,1	—	35,8
4,8	11,1	3,6	2,1	3,1	—	27,5
4,3	31,4	5,8	0,8	1,0	3,0	21,4
profil 2						
5,4	30,1	2,7	0,7	7,0	0,3	26,5
2,9	41,5	3,9	—	12,5	0,6	10,7
6,9	37,0	2,2	—	4,0	—	19,3
4,7	17,9	1,2	2,5	4,8	—	26,4
2,3	39,8	1,3	5,5	6,8	0,6	6,3
4,9	20,2	6,8	3,9	8,0	—	32,5
1,9	44,0	4,0	2,5	7,1	—	13,4
3,0	19,4	7,0	2,2	3,7	0,4	29,8
4,0	24,4	4,2	2,9	2,8	1,4	22,7
5,3	52,7	2,1	0,2	8,2	—	13,0
5,0	18,7	2,2	0,9	5,4	—	30,1
1,2	60,5	2,0	0.9	3,9	—	19,7
1.2	40,1	1,0	0,8	0,7	—	26,8
profil 3						
4,8	40,0	3,1	2,3	5,3	—	13,5
5,3	45,2	1,7	3,3	4,7	2,0	10,2
2,0	52,0	1,0	0,9	2,2	1,4	14,4
5,1	46,0	3,0	—	9,5	—	19,7
2,8	30,6	4,4	0,6	5,5	1,2	6,7
3,0	31,0	3,0	4,4	3,1	—	21,7
4,4	30,0	2,9	3,6	2,9	0,1	18,0
8,1	25,8	4,6	0,8	4,7	2,1	22,6
9,5	26,0	4,7	2,3	4,0	0,7	20,4

w skali Beauforta, co jest przyczyną nakładania się na siebie fal o niewielkich długościach w obrębie płytkiego przybrzeża [1].

[1] Jak podają w oparciu o literaturę W. P. Zienkiewicz (1946, str. 452) oraz

W Darłówku materiał został pobrany 8 godzin po zaniku wiatru (trwającego 6 dni), którego siła wynosiła 7—8 w skali Beauforta. W czasie pobierania próbek wiatr wiał z siłą 4 w skali Beauforta. W ciągu dwu dni trwania wiatru o podobnej sile zmarszczki przybrały kształty bardziej połogie i wreszcie prawie zanikły, nastąpiło względne wyrównanie dna.

Materiał z Ustki pobrany był, gdy mikroformy były w stanie zaniku; do bruzd stoczył się pod wpływem siły ciężkości drobniejszy materiał z grzbietów, powodujący zatarcie większych różnic w składzie mechanicznym pomiędzy częściami wklęsłymi i wypukłymi.

Skład mineralno-petrograficzny tak grzbiecików, jak i bruzd jest podobny. Pewne różnice zaznaczają się najwyżej we frakcji 2—1 mm (w bruzdach występuje mniejszy udział kwarcu).

Obróbka ziarn kwarcu wykazuje pewne zróżnicowanie w formach wypukłych i wklęsłych. W Darłówku (profil 2) ziarna obtoczone przeważają na grzbietach, w Ustce sytuacja przedstawia się odwrotnie. Zebrany materiał okazał się zbyt szczupły, aby na jego podstawie jasno interpretować to zjawisko, wydaje się jednak, że można je tłumaczyć samą ewolucją form. W pierwszym etapie, kiedy następuje usypywanie zmarszczek piaszczystych pod działaniem fal, ziarna obtoczone są bardziej podatne od okruchów słabiej obrobionych na transport (wleczenie) po mikrostokach pod górę, część ich obsypuje się do następnych bruzd, jednak większość osadzona jest na częściach wypukłych zmarszczek. Ten typ materiału występuje w przypadku mikroform świeżych (Darłówek), profil 2. Z chwilą uspokojenia się morza ziarna obtoczone pod wpływem siły ciężkości staczają się i gromadzą we wklęsłościach.

Zawartość minerałów ciężkich w osadzie budującym grzbieciki i bruzdki jest różna. Zaobserwować można, że w formach wklęsłych występuje większe skoncentrowanie minerałów ciężkich niż w wypukłych [1].

I tak o ile w Darłówku (profil 2) grzbiety zmarszczek asymetrycznych zasobne są w 4,5% minerałów ciężkich, to w bruzdach udział ich wzrasta do 6,7%. Nieco mniejsze różnice występują w Ustce, próbka pobrana z grzbietu zawiera 3,7% minerałów ciężkich, bruzdy zaś 4,3%. Pomijając ogólne różnice w charakterze udziałów poszczególnych minerałów ciężkich w osadach z Ustki i Darłówka (w Darłówku stwierdza się wyższe niż w Ustce odsetki amfibolu, mniejsze natomiast granatu) zauważyć można, że tak w jednej, jak i drugiej miejscowości w bruzdach występują mniejsze ilości granatu niż w materiale, z którego zbudowane są grzbiety. Zróżnicowanie to szczególnie wyraźnie zachodzi w Darłówku (profil 2), gdzie bruzdki zawierają 30,1%, grzbieciki zaś 41,5% granatu. W Ustce zaobserwowano nieco mniejsze różnice, gdyż ilość granatu zwiększyła się z 40 na 45,2%.

To stosunkowo małe zróżnicowanie między bruzdkami a grzbietami zmarszczek asymetrycznych tłumaczyć należy faktem, że były one w fazie zanikania. Wtedy to w części wypukłej domieszany został „zsypujący" się do bruzdek materiał o mniejszej koncentracji minerałów ciężkich mniej zasobnych w granat.

Ph. H. Kuenen (1950, str. 288 i nast.), podobne do opisywanych zjawiska zachodzą przy zwiększeniu szybkości fal. Między zmarszczkami wytwarzają się wiry wynoszące z bruzd na grzbieciki materiał drobniejszy.

[1] W oparciu o literaturę podobne zjawisko opisuje W. L. Bołbyriew (1960, str. 63), tłumacząc je rozmywaniem i pogłębianiem bruzdek przez falowanie. W czasie tego procesu materiał lżejszy wynoszony jest na grzbieciki.

Ostateczne załamanie się fal i przejście ich w potok przyboju zaznacza się wyraźnie w morfologii brzegu. W szczególności zaobserwować to można podczas falowania zachodzącego przy silnym wietrze.

W Darłówku na profilu 2 zauważyć można, że załamanie się fal spowodowało powstanie mikroklifu, a pod nim „kotła" mającego większą głębokość niż właściwe przybrzeże.

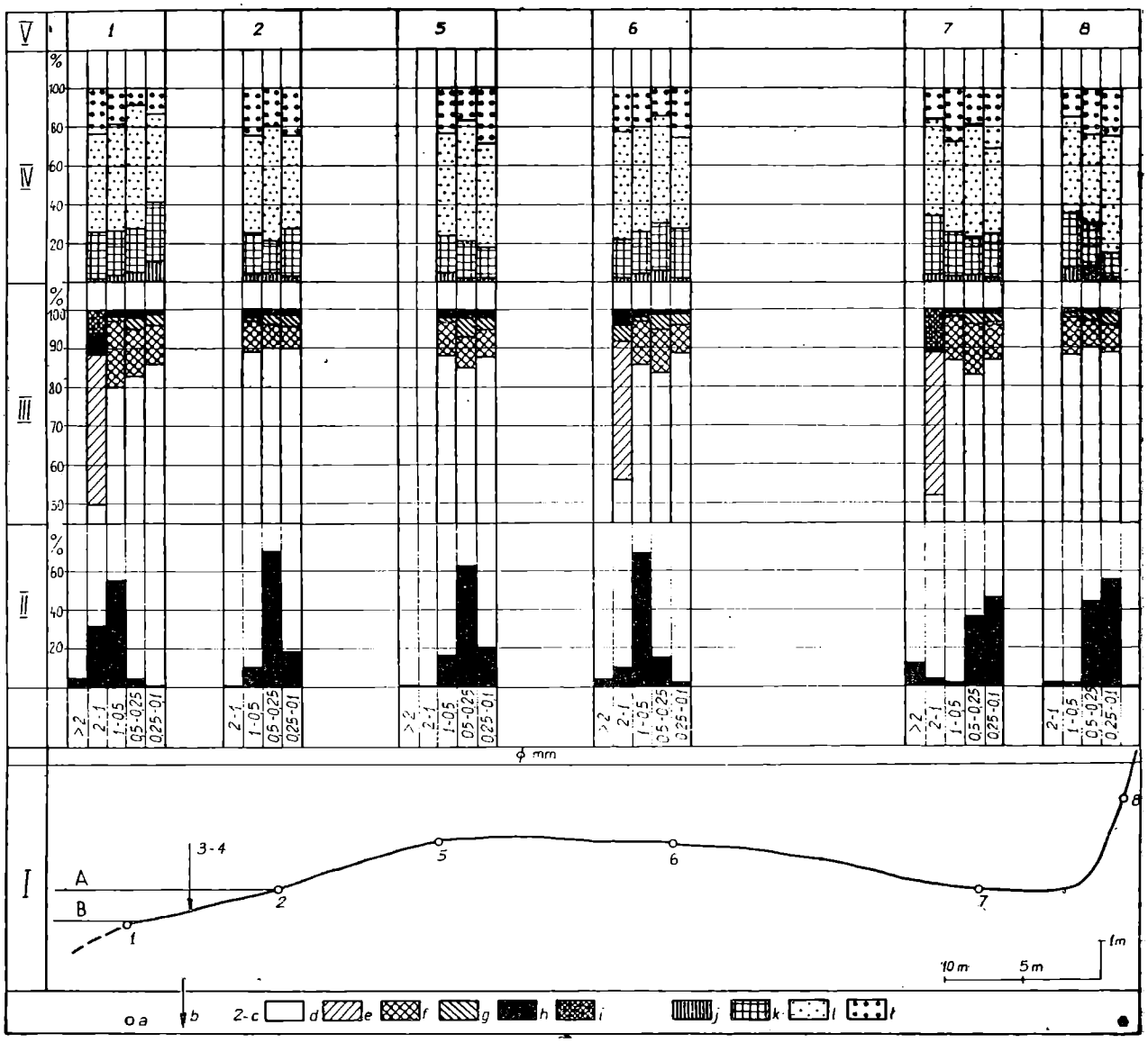

Fig. 1. I — Darłówek profil 1; A — górna granica napływu potoku przyboju; B — dolna granica spływu potoku przyboju; II — skład mechaniczny, III skład mineralno-petrograficzny; IV — obtoczenie ziarn kwarcu; V — próbka nr ; a — punkt pobrania próbki, b — miejsce pobrania materiału niesionego w zawieszeniu oraz miejsce obserwacji nad ułożeniem ziarn piasku, c — numer próbki, d — kwarc, e — skały krystaliczne i ich składniki bez kwarcu, f — skalenie, g — inne minerały skał krystalicznych, h — wapienie, i — piaskowce, j — ziarna skrajnie kanciaste, k — ziarna kanciaste, l — ziarna częściowo obtoczone, ł — ziarna obtoczone

Fig. 1. I — Darłówek Profile 1; A — landward limit of foreward movement of water in the foreshore; B — seaward limit of backward movement of water; II — mechanical properties of sand grains; III — mineralogical and petrographical composition of sands; IV — shape of quartz grains; V — analyses of samples; a — localisation, b — position of material carried in suspension and localisation of places where distribution of sand grains was observed, c — number of sample, d — quartz, e — crystalline rocks and their components other than quartz, f — feldspars, g — other minerals occurring in crystalline rocks, h — limestones, i — sandstones, j — angular grains, k — subangular grains, l — subrounded grains, ł — rounded grains

W „kotle" tym następowało pod wpływem siły wody wymycie z osadu materiału piaszczystego i przeniesienie go w strefę potoku przyboju, gdzie został zakumulowany. Dlatego strefa ostatecznego załamania się fal („kocioł") zbudowana jest z materiału, w którym znaczne odsetki przypadają na frakcję powyżej 1,0 mm. Badając materiał mikroklifu stwierdza się jego podobieństwo z osadem powyżej opisanym, tak więc i z dolnej części mikroklifu materiał drobnoziarnisty wynoszony jest w stronę lądu. Przejście mikroklifu w strefę potoku przyboju zaznacza się w zmiejszeniu rozmiaru ziarn w osadzie. Stwierdzić również można, że osad pobrany z mikroklifu jak i „kotła" podobny jest do materiału leżącego w bruzdach zmarszczek asymetrycznych.

Ewolucja mikroklifów jest bardzo szybka w Darłówku (profil 2), po osłabnięciu falowania w ciągu trzech dni forma ta uległa wyrównaniu. Zmniejszona siła fal spowodowała mniejsze wymywanie, potok przyboju mniej transportował, natomiast spływ powoli, lecz ciągle znosił w stronę morza materiał drobnopiaszczysty. Początkowo staczały się i zsuwały ziarna ze szczytu mikroklifu, powodując zmniejszanie nachylenia tej formy, potem ziarna z niższej części strefy potoku przyboju. W efekcie tych procesów jak również osadzania przez fale materiału grubopiaszczystego w „kotle" (na skutek zmniejszonej siły transportowej) nastąpiło zasypanie „kotła", a w miejscu dawnego mikroklifu zaznaczał się tylko wypukły mikrostok. Tego typu formę obserwowano w Ustce (profil 3). Skład mineralno-petrograficzny „kotła", mikroklifu jak i dolnej części potoku przyboju jest podobny. Jednak zaobserwować można, że materiał leżący w „kotle" odznacza się, podobnie jak i budujący bruzdy zmarszczek asymetrycznych, wzrostem udziału kwarcu wraz ze zmniejszaniem się średnicy. Począwszy od mikroklifu we frakcji 0,5 ÷ 0,25 mm stwierdza się mniej kwarcu niż w przedziałach 1,0÷0,5 mm i 0,25÷0,1 mm, co przypomina swym charakterem osady brzegowe (plażowe).

W obrębie opisywanych form stwierdza się kwarc o najsłabszym obtoczeniu (w porównaniu z innymi osadami występują większe ilości ziarn kanciastych), jednak w stronę brzegu widoczny jest pewien wzrost ziarn obtoczonych.

Minerały ciężkie w osadach „kotła" i mikroklifu występują w podobnych odsetkach jak w materiale budującym zmarszczki asymetryczne i wynoszą w Darłówku około 5% zaś w Ustce 3,9%. W materiale leżącym u podstawy mikroklifu dominuje granat (szczególnie wyraźnie zauważyć to można w piasku z Ustki), na jego zaś zboczu wzrastają udziały amfiboli i minerałów nieprzezroczystych.

Litologia osadów strefy potoku przyboju

W strefie potoku przyboju najłatwiej i najwyraźniej prześledzić można ruch składników mineralnych pod wpływem napływającej i spływającej wody.

Spostrzeżenia dotyczące transportu materiału w zawieszeniu pozwalają stwierdzić, że wody potoku przyboju w czasie napływu zawierają bardzo duże nasycenie materiałem klastycznym. Przyjmując za 100% całą masę materiału niesionego w zawieszeniu podczas jednego przyboju (napływu i spływu) zaobserwować można, że przeszło 80% tego materiału niesione jest w stronę lądu; niecałe 20% unoszone jest z powrotem w zawieszeniu ku morzu.

Siła transportowa wody znajduje bardzo wyraźne odbicie w składzie granulometrycznym; i tak o ile w czasie napływu dominuje frakcja 1,0÷÷0,5 mm, to spływające wody niosą w zawieszeniu materiał drobniejszy (zmniejszają się udziały frakcji powyżej 0,5 mm, przeważają ziarna o średnicy 0,5÷0,25 mm).

Można zauważyć, że w czasie spływu materiał grubszy jest staczany po dnie ku morzu, jednak tylko część tych okruchów dostaje się z powrotem do morza, większość cząstek grubopiaszczystych jest zatrzymywana przez nowy potok przyboju na granicy z przybrzeżem i znowu transportowana w stronę lądu.

Materiał niesiony w zawieszeniu podczas napływu nie wykazuje większego zróżnicowania w pionie. Porwany materiał transportowany jest bardzo chaotycznie. Półsekundowe, pionowe zanurzenie płytki pokrytej kle-

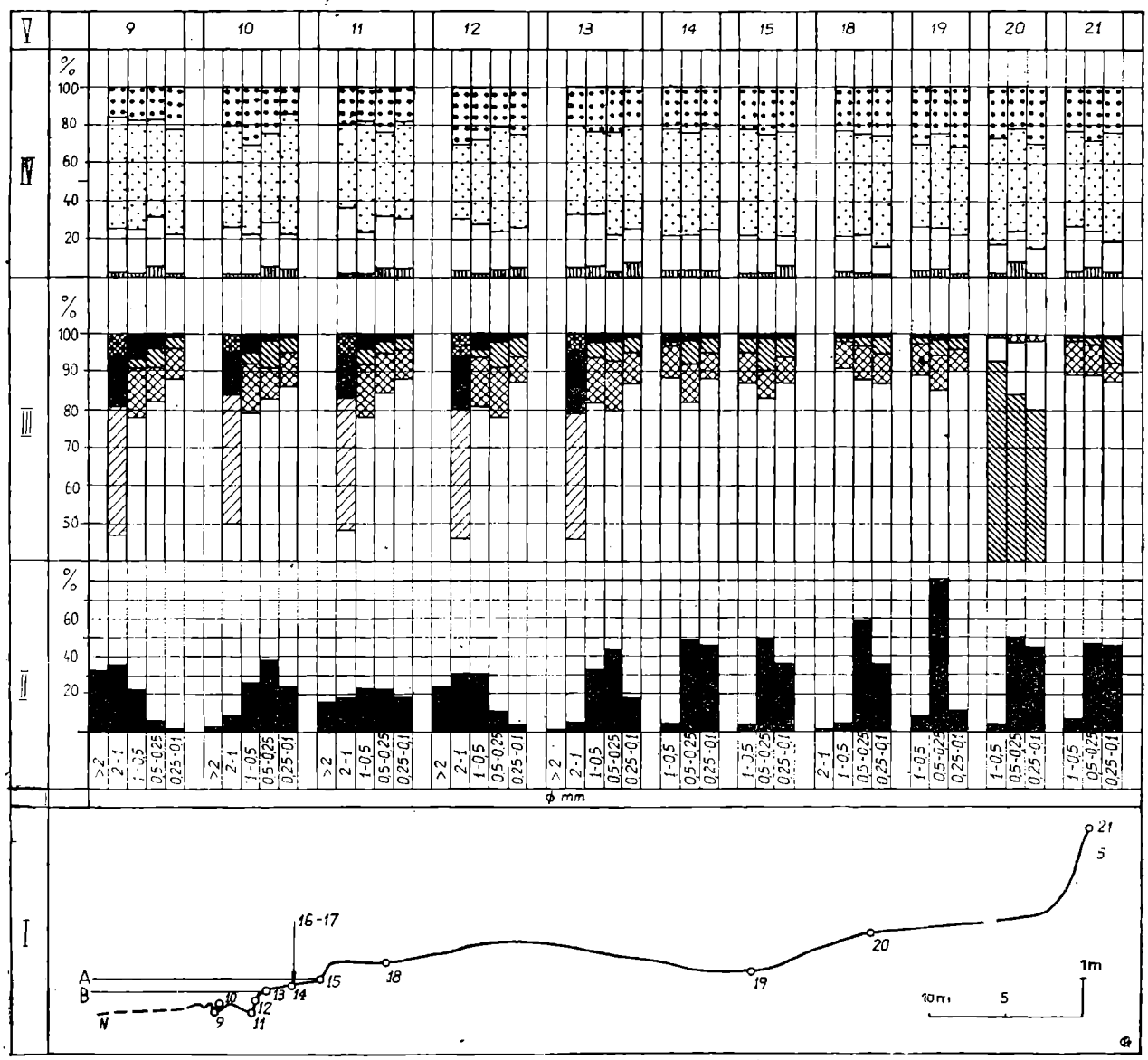

Fig. 2. I — Darłówek profil 2; II — skład mechaniczny; III — skład mineralno-petrograficzny; IV — obtoczenie ziarn kwarcu; V — próbka nr; Objaśnienie sygnatur jak na fig. 1.

Fig. 2. I — Darłówek profile 2; II — mechanical properties of sand grains; III — mineralogical and petrographical composition of sands; IV — shape of quartz grains; V — analyses of samples. For other symbols see Fig. 1.

jem jest okresem dostatecznie długim, aby pokryła się ona na całej swej powierzchni równomierną ilością ziarn. Tak w dolnej, jak i górnej części płytki obok ziarn frakcji piaszczystej występują drobne żwirki.

Nieco inaczej przedstawia się sprawa podczas spływu. Po pierwsze zauważyć można, że na płytce osadza się materiał drobniejszy i lepiej sortowany niż podczas napływu; po drugie ku górze płytki zmniejsza się ilość niesionego przez spływ materiału.

Dla przykładu podaję, że w Darłówku w profilu 2, przy wietrze o sile 4 w skali Beauforta, płytka na wysokości 0,3÷1,0 cm pokryta była 27% całego materiału niesionego w zawieszeniu podczas spływu, przy kolejnych zaś wysokościach od dna przedstawia się następująco: 1 ÷ 2 cm — 17%, 2÷3 cm — 17%, 3÷4 cm — 9%, 4÷5 cm — 8%, 5÷6 cm — 7%, 6÷7 cm — — 7%, 7÷8 cm — 5%, 8÷9 cm — 2%, 9÷10 cm — 1%.

Skład mineralno-petrograficzny materiału niesionego w zawieszeniu przez napływ i spływ wykazuje pewne odrębności. W osadzie niesionym ku brzegowi występuje bardzo wyraźny wzrost kwarcu wraz ze zmniejszaniem się rozmiaru ziarn, wykazując podobieństwo do materiału leżą-

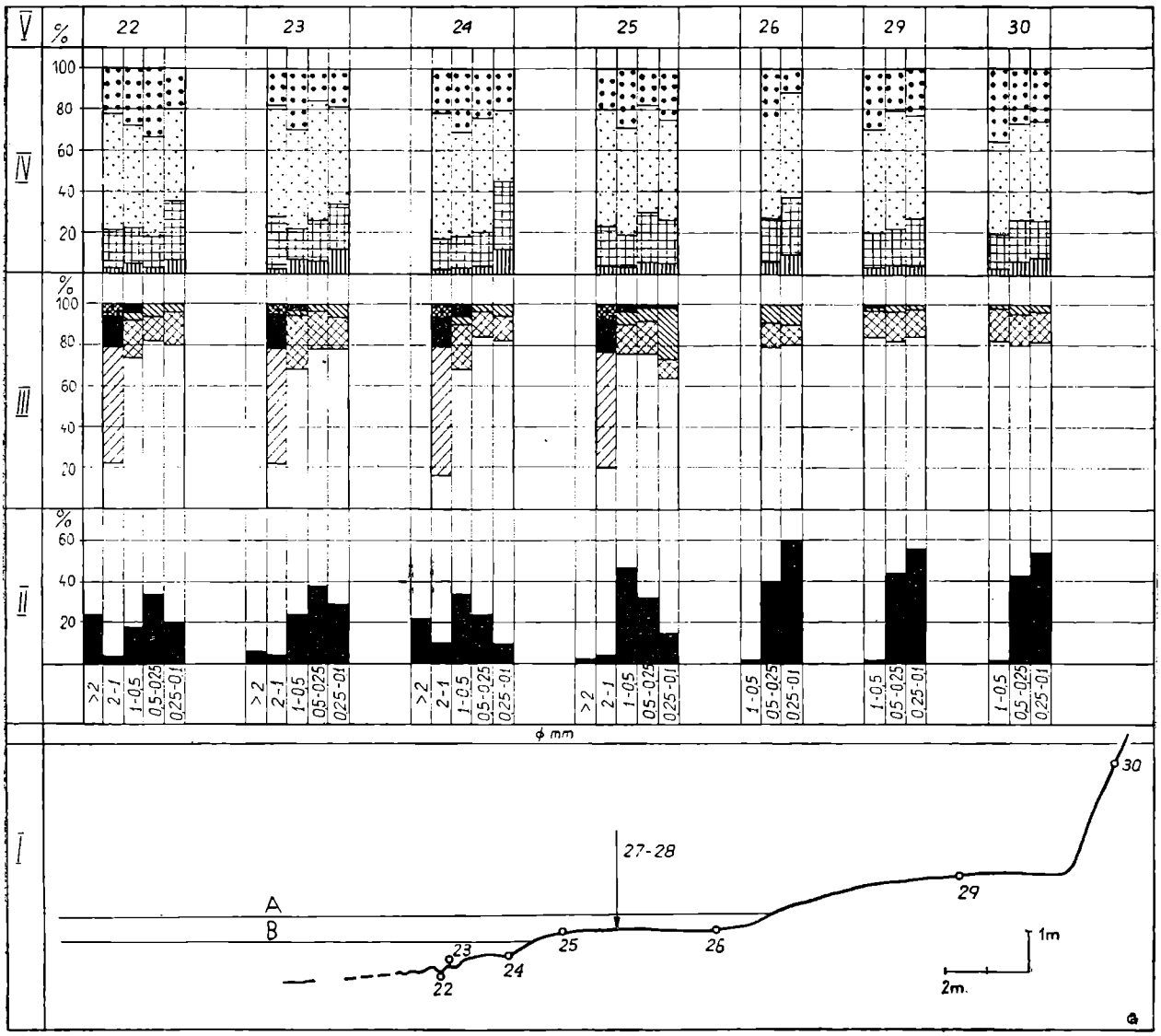

Fig. 3. I Ustka profil 3; II — skład mechaniczny; III — skład mineralno-petrograficzny; IV — obtoczenie ziarn kwarcu; V — próbka nr; Objaśnienie sygnatur jak na fig. 1.

Fig. 3. I — Ustka Profile 3; For symbols see Fig 1.

cego na dnie strefy przybrzeża. Natomiast w czasie spływu następuje kilkuprocentowy wzrost ilości kwarcu w każdej frakcji oraz brak wyraźnego wzrostu odsetka kwarcu ku drobniejszym średnicom.

Obróbka ziarn kwarcu niesionego potokiem przyboju w stronę lądu jak i ku morzu jest podobna.

Materiał niesiony w zawieszeniu przez napływ potoku przyboju zawiera 4,3%—5,5% minerałów ciężkich, odsetek ten zmniejsza się w materiale unoszonym przez wody spływu (3,2÷3,8%). Minerały ciężkie niesione przez potok przyboju w przeciwieństwie do całego analizowanego materiału odznaczają się zbliżonymi do siebie odsetkami amfiboli, granatu, minerałów nieprzezroczystych i reszty innych minerałów ciężkich. Różnice w składzie minerałów ciężkich unoszonych przez wody napływu i spływu są stosunkowo niewielkie. Zaobserwować jednak można, że w materiale pochodzącym ze spływu zmniejszyły się ilości minerałów nieprzezroczystych, biotytu i piroksenu.

Wody potoku przyboju oddziałują nie tylko na powstanie swoistych form (wał brzegowy) czy też mikroform (obserwowano bruzdki ściekowe, wałki napływu, czasem zmarszczki rombowe), w pierwszym rzędzie powodują one charakterystyczne układanie się nawet pojedynczych ziarn mineralnych.

Jak już wspomniano na wstępie, wszystkie analizowane profile pokryte są osadami piaszczystymi, w których tylko pojedynczo występuje materiał grubszy od 1 cm. Żwiry te ustawiają się swą dłuższą osią równolegle do porywającego je napływu i pod działaniem jego siły przenoszone są (w zawieszeniu lub toczone) w stronę brzegu.

Poczynione obserwacje nad ruchem otoczaków o osi dłuższej 3—4 cm można następująco uogólnić:

A. Najczęściej odgrzebywany w dolnej części strefy potoku przyboju otoczak pod wpływem siły napływającej wody kilkakrotnie obraca się wzdłuż swej dłuższej osi, równolegle do napływu, po czym wraz z nim unoszony jest lub sunięty w stronę brzegu. Słabnąc wody potoku osadzają żwir i przelewają się dalej ku plaży, zasypując go częściowo piaskiem. Podczas spływu następuje odgrzebanie otoczaka i pod działaniem spływającej wody jak i siły ciężkości jest on zsuwany lub staczany (wyjątkowo unoszony) w stronę morza. Należy zaznaczyć, że ruch żwiru morze—brzeg i brzeg—morze przebiega po innej drodze. Spowodowane było to tym, że napływ skierowany był pod kątem do brzegu, odbijając się od niego zmieniał kierunek. Po przejściu jednego, częściej jednak trzech kolejnych potoków, żwir staczany był do „kotła", gdzie zagrzebywany był w zalegającym tam materiale. Nie zauważono, aby w istniejących podczas obserwacji warunkach meteorologicznych żwiry wynoszone były przez wody z „kotła" w kierunku brzegu.

B. Nieco rzadziej obserwowano, że otoczak podczas silnego napływu wynoszony był z partii dolnej strefy potoku przyboju w górną jej część, tak że zatrzymywał się, a kolejne, nawet dość silne napływy powodowały usypanie przed nim początkowo piaszczystego walika, a wreszcie zasypanie go piaskiem.

Bardzo nieliczne głaziki o dłuższej osi 10—20 cm nie wykonywały widocznych ruchów, były one systematycznie zasypywane piaskiem.

Wydaje się, że materiał piaszczysty wykonuje podobne ruchy jak i żwiry, jednak z powodu zbyt małych rozmiarów istnieją pewne trudności w przeprowadzeniu obserwacji. Dlatego ograniczono się do spostrzeżeń bardziej statycznych, a mianowicie tylko do uchwycenia samego efektu

działalności potoku przyboju, jakim jest ułożenie ziarn skalnych. Po przejściu napływu większość ziarn ułożona jest dłuższymi osiami pod kątem 100—140° do linii brzegowej (przyjmując za 0° „zachód"). Nie można więc zaobserwować większego związku między linią brzegową a ułożeniem ziarn. Związek taki istnieje natomiast z kierunkiem napływu, osie najdłuższe ziarn ułożone są poprzecznie do napływu. Spływ powoduje zatarcie przewagi jednego kierunku w ułożeniu ziarn. Odbite od brzegu wody na-

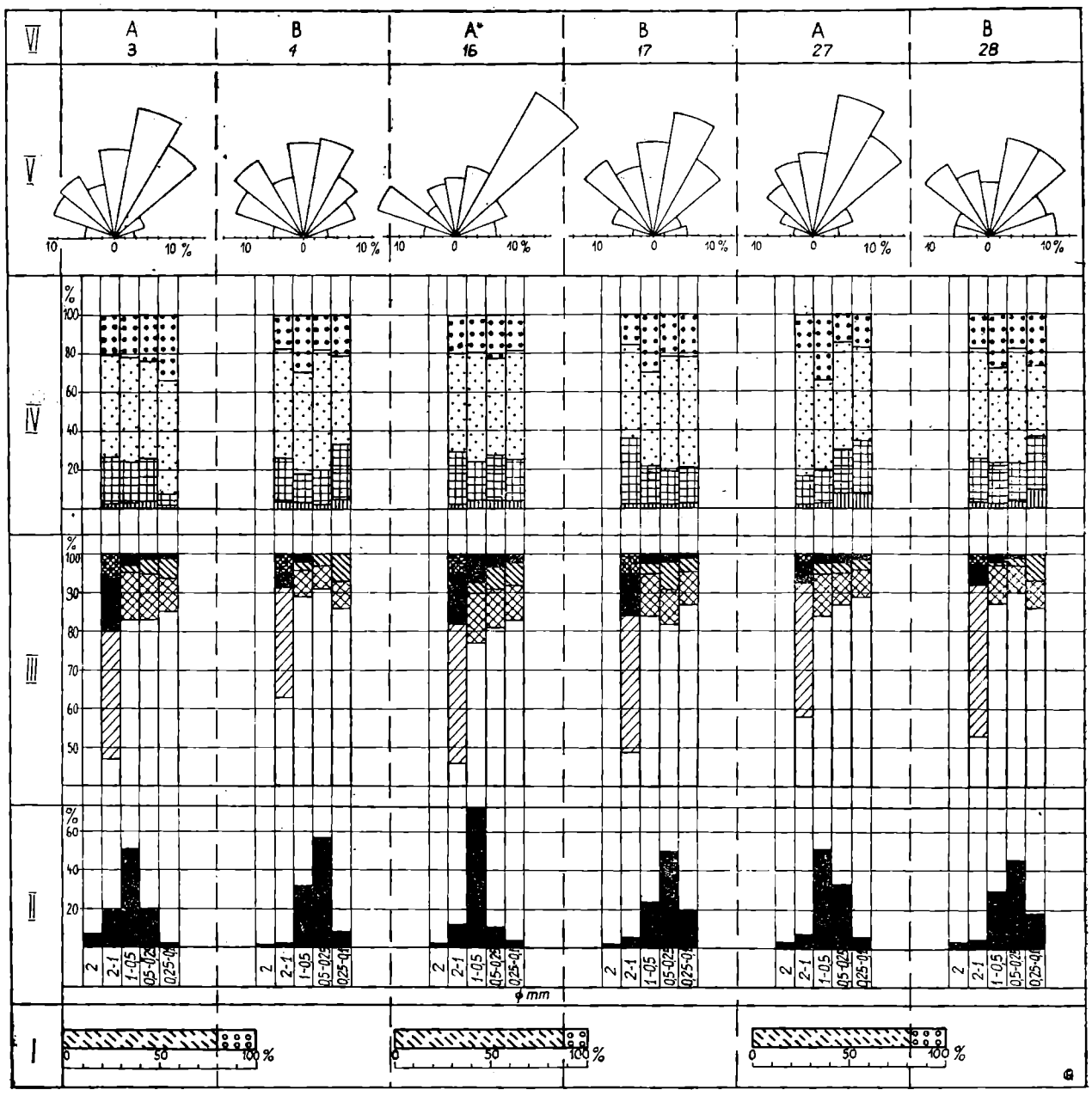

Fig. 4. I — Stosunek składników niesionych w zawieszeniu przez wody napływu i spływu potoku przyboju; II — skład granulometryczny; III — skład mineralno-petrograficzny; IV — obtoczenie ziarn kwarcu; V — rozłożenie dłuższych osi ziarn piasku po przejściu napływu i spływu (podstawą odniesienia linia brzegowa); VI — próbka nr; A — napływ, B — spływ. Objaśnienie sygnatur jak na fig. 1

Fig. 4. I — Proportion of material carried in suspension in foreward and backward moving water; II — granulometrical composition; III — mineralogical and petrographical composition of sand; IV — shape of sand grains; V — position of longer axes of sand grains in relation to shoreline as due to backward and foreward movements of water; VI — number of sample; A — foreward movement of water; B — backward movement of water. For other symbols see Fig. 1.

pływu, spływają pod różnymi kątami szeregiem nakładających się wzajemnie potoków przyboju, powodując chaotyczne ułożenie się okruchów.

Próbki pobrane z dna strefy potoku przyboju są piaskiem, w którym dominuje frakcja 0,5÷0,25 mm oraz 0,25÷0,1 mm, tylko materiał pobrany z najniższej części tej partii brzegu (znad mikroklifu) ma w swym składzie większy odsetek ziarn o średnicy 1,0÷0,5 mm.

Tak więc skład mechaniczny tych osadów różni się znacznie od materiału transportowanego podczas napływu w zawieszeniu, a nawet i spływu. Do tego ostatniego nawiązują najwyżej próbki z najniższej części strefy potoku przyboju. W Ustce, gdzie blisko linii brzegowej występuje nadbrzeże, osad strefy potoku przyboju posiada dużo wspólnych cech z piaskami plażowymi i nadbrzeża.

Skład mineralno-petrograficzny dna strefy potoku przyboju w pewnym stopniu zbliżony jest do materiału transportowanego przez potok w zawieszeniu i tu nie obserwuje się, by kwarc wraz ze zmniejszaniem się frakcji zwiększał swój udział. Różnice, co prawda niewielkie, zaznaczają się jedynie w zawartości „innych minerałów skał krystalicznych". W osadzie pobranym z dna strefy potoku przyboju zauważyć można większe ilości minerałów „innych" (z reguły ciężkich), co wskazuje na flotacyjne działanie potoku przyboju na materiał znajdujący się w strefie jego oddziaływania.

Obtoczenie ziarn kwarcu zbliżone jest do tego, jakie mają okruchy niesione w zawieszeniu przez napływ.

W miarę oddalania się od dolnej granicy strefy potoku przyboju wzrasta ilość minerałów ciężkich w osadzie, najwyższe ich udziały występują przy górnej granicy napływu. Dla przykładu podaję, że w osadach pobranych w Darłówku (profil 1) zawartość minerałów ciężkich wzrasta z 4,3—6,5%, w profilu 2 z 5,3—9,8%, w profilu z Ustki zaś nieco mniej, bo z 4,0—5,7%. Pomijając smugi piasku wiśniowego występującego w obrębie plaży, jest to najwyższa koncentracja minerałów ciężkich w obrębie całej strefy brzegowej. W stronę plaży zmienia się również charakter ilościowy poszczególnych minerałów. W dolnej części strefy potoku przyboju składniki nawiązują częściowo do układu, jaki obserwuje się wśród materiału niesionego w zawieszeniu podczas spływu. W stronę brzegu wzrasta udział jednego składnika: granatu, jak to ma miejsce w Darłówku (profil 2), lub amfibolu (profil 1). W Ustce jest sytuacja nieco inna, ze względu na bliskie sąsiedztwo nadbrzeża w górnej części strefy potoku przyboju udziały minerałów ciężkich nawiązują do składu piasków plażowych i nadbrzeża.

Litologia osadów plażowych

Na badanych profilach w strefie plażowej zauważyć można występowanie takich form morfologicznych, jak wał brzegowy oraz laguny plażowe (Darłówek profil 1 i 2), które w czasie prowadzenia badań były zagłębieniami wysychającymi.

Mikroformy w tej części brzegu są bardzo nietrwałe, zauważono szybkie przechodzenie różnych zmarszczek wodnych jak i bruzdek ściekowych w zmarszczki eoliczne.

Na uwagę zasługują również „pasma" wiśniowego piasku występującego w górnej części plaży w profilu 2 z Darłówka. Stanowi on osad rzędu kilku do kilkunastu milimetrów miąższości i występował w obrębie mikroformy zbliżonej do wałków spływu. Większe nieco miąższości piasku „wiś-

niowego" (do kilku cm) zauważono w bliskim sąsiedztwie nadbrzeża na zachód od profilu 2. Materiał ten występował nieregularnymi płatami mniej więcej równoległymi do linii brzegowej.

Skład mechaniczny piasków budujących plażę jest dość zmienny, z jednej strony nawiązuje on do materiału występującego w górnej części strefy potoku przyboju, z drugiej zaś zbliżony jest do osadów nadbrzeża. Ponieważ w badanych odcinkach plaży występuje nieco inny układ granulometryczny osadów, niemożliwe jest przeprowadzenie uogólnień w oderwaniu od poszczególnych profili.

W Darłówku (profil 1) materiał klastyczny plaży jest początkowo podobny do tego, jaki występuje w górnej części strefy potoku przyboju i powstaje podczas nieco silniejszych przybojów. Oddalając się od morza zauważyć można pewne anormalności, materiał staje się grubszy, dominuje frakcja 1,0÷0,5 mm, w dnie zaś laguny plażowej obok ziarn 0,5÷÷0,1 mm zaobserwować można ponad 10% drobnego żwirku. Osady te pozostawione były przez „wody sztormowe" na parę dni przed wykonywanymi przeze mnie obserwacjami. Uspokojenie się morza spowodowało obniżenie się granicy napływów, a przez to pozostawienie materiału grubszego w wyższych partiach plaży. Materiał przyniesiony przez wody sztormowe w obręb laguny już w czasie akumulacji musiał zatracić swój pierwotny charakter. Abrazyjna działalność wód napływu (podczas sztormu) powodowała domieszanie do osadów laguny plażowej frakcji drobniejszych z wałów nadbrzeża lub wyższej partii plaży.

Skład mineralny piasków plażowych jest nieco odmienny od materiału leżącego tak poniżej, jak i powyżej plaży. Charakterystyczne dla niego jest to, że w obrębie frakcji 0,5÷0,25 mm kwarc ma mniejszy udział niż we frakcjach sąsiednich. Obróbka mechaniczna tego minerału nie wykazuje zbyt dużych różnic w porównaniu z osadami strefy potoku przyboju. Zauważyć jednak można, że osady nadbrzeża zawierają mniej ziarn kanciastych (we frakcji 0,25÷0,1 mm) niż piaski plażowe. Z analizy mineralno-petrograficznej wynika, że w miarę oddalania się od morza zmniejsza się w osadzie ilość składników określonych jako „inne minerały skał krystalicznych".

Minerały ciężkie piasków plażowych na profilu 1 z Darłówka nawiązują swymi udziałami do materiału wydzielonego z piasków strefy potoku przyboju. W zespole mineralnym dominuje amfibol zwiększający swe odsetki w stronę nadbrzeża oraz minerały nieprzezroczyste, które zmniejszają swe udziały w tym kierunku. Granat występuje w ilości około 15% i ma tendencję do zmniejszania swych ilości w miarę oddalania się od morza. Podobnie zachowuje się biotyt, którego udział zmniejsza się z 7,4% w dolnej części plaży do 4,8% w części górnej, odwrotne zjawisko zaobserwować można w wypadku dystenu, którego ilość zwiększa się z 0,3% w dolnej części plaży do 3,0% w górnej części, oraz epidotu z 1,6% do 4,8%. Pozostałe minerały w obrębie plaży nie wykazują większych zmian ilościowych.

Na profilu 2 z Darłówka osady plażowe położone bliżej morza (próbka nr 18) nawiązują swym składem mechanicznym do materiału leżącego w górnej części strefy potoku przyboju, mając dwie frakcje dominujące 0,5÷0,25 mm i 0,25÷0,1 mm. Nieco inaczej przedstawia się skład mechaniczny piasków występujących w lagunie plażowej (próbka nr 19), przeważa w nim frakcja 0,5÷0,25 mm, pozostałe reprezentowane są w niewielkich udziałach. Te odrębności należy przypisać działalności wód sztormowych. Wysokie napływy powodowały osadzenie się w lagunie materiału podobnego do występującego w innych częściach plaży, jednak wody

spływu (po wysokim napływie) nie miały tak dużej siły, aby przenieść ziarna nieco grubsze z powrotem przez zbocze laguny w stronę morza.

W piasku plażowym występuje więcej kwarcu niż w materiale pochodzącym z obszaru potoku przyboju, podobny jest natomiast do osadów nadbrzeża. Obtoczenie kwarcu piasków plażowych jest nieco lepsze niż w strefie potoku przyboju. Odbiegający od wszystkich przebadanych próbek jest skład mineralny piasków wiśniowych. Operując procentami ilości ziarn stwierdza się we frakcji 1,0÷0,5 mm zawartość 5,8% kwarcu i 0,8% skaleni, a 93,4% granatu, epidotu, cyrkonu, amfiboli i minerałów nieprzezroczystych.

Minerały ciężkie w piaskach plażowych profilu 2 wykazują duże powiązanie z występującymi w górnej części strefy potoku przyboju. Zaznacza się to w szczególności w przewadze granatu nad pozostałymi składnikami. Przewaga ta jest najbardziej uchwytna w piaskach wiśniowych (wzbogaconych w minerały ciężkie), w których granat we frakcji 0,1—0,5 mm występuje w 60,5%. W piasku tym stwierdza się bardzo małą ilość amfibolu, bo tylko 7,0%. Odmienne nieco cechy posiada materiał leżący w obrębie laguny plażowej (próbka nr 19), w którym udziały poszczególnych minerałów zbliżają osad ten do piasku występującego w bruzdach między zmarszczkami falowymi lub niesionego w zawieszeniu przez potok przyboju.

W profilu z Ustki przebadano tylko jedną próbkę piasku plażowego, która tak pod względem składu granulometrycznego, jak i mineralnego oraz obróbki mechanicznej ziarn kwarcu bardzo silnie nawiązuje do piasków nadbrzeża.

Litologia osadów nadbrzeża

W trzech badanych przeze mnie profilach nadbrzeża stanowią piaszczyste wały, wznoszące się kilkanaście metrów nad poziom plaży. Z formy tej pobrano materiał jedynie z dolnej części, który poddano badaniom. Piaski wałów nadbrzeżnych są dobrze sortowane i główną ich masę stanowią frakcje 0,5÷0,25 mm i 0,25÷0,1 mm (z pewną przewagą tej ostatniej). Jak już wspomniano powyżej, podczas sztormów woda morska może rozmywać wały nadbrzeżne, a wymyty materiał osadzany jest w obrębie plaży. Takie zjawisko z wielką wyrazistością występuje w Ustce, gdzie piaszczyste nadbrzeże ma charakter klifowy. Osady nadbrzeża i brzegu mają tu identyczny skład mechaniczny, mineralny i podobną obróbkę kwarcu. W przypadku dłuższego odcinka plaży występują pewne różnice w składzie mineralnym piasków brzegowych i nadbrzeża.

Obróbka mechaniczna kwarcu w piaskach nadbrzeża z Darłówka (profil 1 i 2) odznacza się tym, że w obrębie frakcji drobniejszych zmniejsza się ilość ziarn skrajnie kanciastych i kanciastych, powiększa się udział ziarn obtoczonych i częściowo obtoczonych. W Ustce wraz ze wzrostem średnic wzrasta ilość ziarn obtoczonych, maleją udziały okruchów kanciastych.

W piaskach nadbrzeża zawartość minerałów ciężkich wynosi 4,0÷5,5%. W Darłówku największy udział posiada granat (do około 40%), w nieco mniejszych ilościach występuje amfibol (do 21%) i minerały nieprzezroczyste (do 27%). Na uwagę zasługuje fakt, że w stosunku do osadów plażowych i przybrzeża w piaskach nadbrzeża występują znaczne ilości biotytu (6 ÷ 8%), cyrkonu około 2% oraz turmalinu 1,2%. W małym odsetku (poniżej 1%) występuje dysten, rutyl i staurolit.

Tabela 2

Strefa	Średni rozmiar ziarn (Md)	Wysortowanie $So = \sqrt{Q_3/Q_1}$
przybrzeża	0,71	1,93
przyboju	0,36	1,43
plaży	0,31	1,44
nadbrzeża	0,25	1.51

Tabela 3

Strefa	Średnia zawartość minerałów ciężkich w %% wagowych	Stosunek minerałów przezroczystych o ciężarze właściwym 2,9÷3,4 do pow. 3,4
przybrzeża	4,8	0,66
przyboju	6,0	1,00
plaży	4,7	1,03
nadbrzeża	4,4	0,80

Tabela 4

Strefa	Stosunek kwarcu do pozostałych składników we frakcjach (w mm)			
	2 ÷ 1	1 ÷ 0,5	0,5 ÷ 0,25	0,25 ÷ 0,1
przybrzeża	1,2	4,6	6,8	7,8
przyboju	1,2	6,4	6,1	7,1
plaży	1,1	8,6	6,5	8,3
nadbrzeża	—	8,7	8,8	8.2

Tabela 5

Strefa	Współczynnik obtoczenia ziarn kwarcu $R = \frac{K + {}^1/_2\ CO^*}{O + {}^1/_2\ CO}$ we frakcjach (mm)			
	2 ÷ 1	1 ÷ 0,5	0,5 ÷ 0,25	0,25 ÷ 0,1
przybrzeża	1,16	1,00	1,05	1,30
przyboju	1,11	1,08	1,08	1,20
plaży	1,30	0,96	1,03	0 90
nadbrzeża	—	1,10	0,93	0,92

*) K — ziarna kanciaste i skrajnie kanciaste, CO — częściowo obtoczone, O — obtoczone.

Podobnie jak w Darłówku, tak i w Ustce wśród minerałów ciężkich dominują amfibole, granaty i minerały nieprzezroczyste, jednak wśród innych minerałów obserwuje się pewne różnice. Dotyczą one występowania w piaskach nadbrzeża Ustki większych ilości dystenu (4,3%), epidotu (9,5%), rutylu (2,3%) i staurolitu (4,0%).

Sumując powyższe wywody o litologii osadów strefy brzegowej w Darłówku i Ustce sformułować można następujące uwagi, dające syntetyczny obraz trzech przebadanych profili:

1. W osadzie główną rolę odgrywają ziarna o średnicach 1÷0,5 mm. Dla przybrzeża charakterystyczne są frakcje o średnicach większych od 0,5 mm w pozostałych strefach przeważa osad z ziarnem drobniejszym od 0,5 mm. Zróżnicowanie uziarnienia dobrze oddają współczynniki granulometryczne, które jako wartości średnie przedstawione są w tabeli 2. W oparciu o nią można stwierdzić, że materiał przybrzeża jest osadem o największym średnim rozmiarze oraz najsłabszym wysortowaniu. Piaski plaży nawiązują swym uziarnieniem do osadów strefy przyboju. Najmniejszy średni rozmiar ziarn charakterystyczny jest dla piasków nadbrzeża.

2. W obrębie wyróżnionych odcinków strefy brzegowej występują jakościowo podobne składniki mineralne, które, jak wynika z porównania przeprowadzonego przez Sawicką (1953) oraz porównania z wynikami zawartymi w pracy Krygowskiego (1956), pochodzą z osadów lodowcowych. W odróżnieniu jednak od materiału glacjalnego piaski strefy brzegowej wzbogacone są w większą wagową zawartość minerałów ciężkich.

3. Wagowa zawartość minerałów ciężkich we wszystkich przebadanych odcinkach profili jest zbliżona (por. tab. 3), wyjątek stanowi strefa przyboju, w której występuje największe skoncentrowanie minerałów ciężkich (pomijając smugi piasków wiśniowych w obrębie plaży).

Stosunek przezroczystych minerałów o ciężarze właściwym mniejszym od 3,4 do powyżej 3,4 wskazuje, że najwięcej najcięższych minerałów występuje w obrębie przybrzeża i nadbrzeża, najmniejsze ilości stwierdza się w strefach przyboju i plaży.

4. Minerały lekkie nie wykazują większego ilościowego zróżnicowania w wyodrębnionych strefach (por. tab. 4). Pewne nieznaczne różnice badanych osadów zaznaczają się jedynie w obrębie frakcji 1÷0,5 mm.

5. Nie stwierdza się również większych różnic strefowych w obróbce mechanicznej (kształcie) ziarn kwarcu. Minerał ten we wszystkich odcinkach profili posiada zasadniczo podobne obtoczenie (por. tab. 5).

Przedstawione w niniejszej pracy wyniki badań prowadzonych w strefie brzegowej wskazują na dużą rolę wód morskich jako czynnika powodującego silne zróżnicowanie litologiczne osadów na odcinku, którego długość nie przekracza 80 metrów.

Katedra Geologii Uniw. M.C.S. w Lublinie

WYKAZ LITERATURY
REFERENCES

Bolbyrev V.L. — Болбырев В.Л. (1960), Изучение потоков песчаных наносов и проблема поисков прибрежно-морских россыпных месторождений. Тр. Инст. Акад. Наук Латвейской ССР, VI, Рига.

Jahn M. (1962), Otoczaki plażowe Zatoki Pomorskiej (Beach pebbles of the Pomerania Bay). *Czas. geogr.* 33, z. 1, Warszawa-Wrocław.

Karczewski A. (1959), Kilka spostrzeżeń nad współczesnymi formami niszczenia wybrzeża klifowego koło Rewala. *Zesz. nauk. Uniw. A. Mickiewicza Pozn., Geogr.* z. 2, Poznań.

Karczewski A., Stankowski W. (1960), Z badań wybrzeża morskiego na Pomorzu Zachodnim (plaża, wydmy, klif). *Zesz. nauk. Uniw. A. Mickiewicza Pozn., Geogr.*, z. 3, Poznań.

Krygowski B. (1956), Z badań granulometrycznych nad utworami plejstoceńskimi w Polsce zachodniej (Granulometric Investigations of the Pleistocene of Western Poland). *Biul. Inst. Geol.* 100, Warszawa.

Kuenen Ph. H. (1950), Marine Geology, New York.

Łoziński J., Masicka H. (1962), Badania minerałów ciężkich w piaskach plażowych Zatoki Gdańskiej (Recherches sur les minéraux lourds dans les sables littoraux du Golfe de Gdańsk). *Roczn. Pol. Tow. Geol. (Ann. Soc. Geol. Pol.)*, 32, z. 4, Kraków.

Morawski J. [1956 (1955)], Metoda badania morfologii ziarn piasku za pomocą powiększalnika fotograficznego (Morphological Analysis of Sand Grains by a Photographic Enlarger). *Ann. Univ. Mariae Curiae-Skłodowska, Sec. B,* 10, Lublin.

Morawski J. [1963 (1961)], Charakterystyka mineralno-petrograficzna oraz morfometria piasków i żwirów z wybrzeża wyspy Wolin (A Mineralogic, Petrographic and Morphometric Characteristics of Sand and Gravels from Wolin Island). *Ann. Univ. Mariae Curiae-Skłodowska, Sec. B,* 16, Lublin.

Piasecki D. (1954), Wstęp do badań procesów brzegowych. *Wiad. Służby hydr. meteorol.* 4, Warszawa.

Rudowski S. (1962), Mikroformy strefy brzegowej Bałtyku w Polsce (Microforms of the Baltic Shore zone in Poland). *Acta geol. pol.* 12/4, Warszawa.

Sawicka E. (1953), Minerały ciężkie w piaskach plażowych polskiego wybrzeża (Тяжелые минералы из пляжевых песков балтийского побережья). *Biul. Inst. Geol.*, Warszawa.

Vistelius A. B. — Вистелиус А. Б. (1960), Морфометрия обломочных частиц. Тр. Лаб. Аэрометодов, 9, Москва.

Zenkovich P. V. — Зенкович В. П. (1946), Динамика и морфология морских берегов. Москва.

SUMMARY

Mechanical properties, mineral origin character and shape of quartz grains from sands of the lithoral zone at Darłówek and Ustka (southern coast of the Baltic) have been investigated and the lithology of the sediments as determined by the action of the sea established. The results of the analyses are shown in Figs. 1—4 and in Tables 1—5.

Four genetically different types of deposits were found to occur, i. e. offshore, foreshore, beach and coast deposits.

1) Offshore deposits are being formed by wave action. Samples taken from crests and furrows of assymmetrical ripple marks were analysed. It was found that grains in the crests are finer, quartz grains more rounded, and heavy minerals rarer, than in furrows. Minerals whose specific gravity is small are equally abundant in crests and in furrows.

The final breaking of waves is responsible for the formation of the beach scarp. Sediments occurring in its wall and those occurring im-

mediately seawards contain approximately the same quantities of well rounded quartz grains and the mechanical properties of grains are similar. On the other hand there are some differences in the distribution of minerals with small specific gravity as the 0,25—0,50 mm grade contains more quartz grains in the wall, and garnet is replaced in the wall by amphibole and some opaque minerals.

2) Foreshore deposits are formed due to the forward and backward movement of water. About 80% of the clastics carried in the suspension is carried foreward, and ca 20% is carried backward by the rip currents. The material carried foreward contains more heavy minerals, particularly biotite and pyroxene, and less quartz, than that carried seaward.

During the foreward movement of water a majority of quartz grains are beeing placed with their longer axes parallel to the direction of the movement; during the backward movement the disposition of grains becomes less regular.

There are some differences between the sands of the landward and seaward parts of the foreshore. Landwards grains become finer and heavy minerals are more abundant. Less pronounced are differences in the distribution of minerals with small specific gravity and in the shape of quartz grains.

3) Beach deposits are formed by rough sea and are subsequently influenced by winds. The lithological character of these deposits is intermediate between those of the landward part of the foreshore and those of the coast. In the area dealt with in the present paper beach deposits vary due to morphology and due to differential action of factors influencing the original deposits. In the profile Darłówek, where deposits were subjected to drying and to wind action longer than in other profiles and where the beach was wider, berm crests tended to disappear. In the profile Darłówek 2 sediments were less modified; this was implied by the presence of markings produced by breakers. Different conditions prevailed at Ustka where a narrow beach is composed of deposits lithologically similar to those of the coast. It should be added that this beach is partly formed of red sands consisting almost exclusively (ca 90%) of heavy minerals, mainly garnet.

4) The coast is formed of dunes. Sorting is more advanced than in the beach deposits and mineral composition and shape of sand grains are different.

Department of Geology
University M.C.S., Lublin

translated
by S. Gąsiorowski