

STANISŁAW RUDOWSKI

Mikroformy strefy brzegowej Bałtyku w Polsce

STRESZCZENIE: W części pierwszej artykułu omówiona została terminologia zjawisk i procesów zachodzących w obrębie strefy brzegowej południowego Bałtyku. Następnie autor zajmuje się mikroformami nieorganicznymi powstającymi w tej strefie. Kolejno omówione zostały, łącznie z charakterystyką ich występowania, mikroformy rytmiczne (zmarszczki) i nierytmiczne (wałki napływu, wałki spływu, bruzdki ściekowe, zagłębienia i wzgórki). Na zakończenie podano w tabeli zestawienie form charakterystycznych dla poszczególnych części strefy brzegowej.

WSTĘP

W niniejszym artykule pragnę przedstawić wstępne wyniki z badań mikroform, występujących w strefie brzegowej południowego Bałtyku w Polsce. Obserwacje strefy brzegowej wykonywałem od Świnoujścia po Hel i na Mierzei Wiślanej w sezonach letnich i jesiennych od 1957 do 1961 roku. Problemowi mikroform poświęciłem więcej czasu w latach 1960 i 1961.

Obserwacji dokonywałem z brzegu oraz, posługując się pontonem, z powierzchni morza. Dla dalszych badań konieczne będzie użycie sprzętu pletwonurkowego w celu zbadania miejsc głębszych.

W części pierwszej artykułu podaję zastosowaną podstawową terminologię. W Polsce terminologia zagadnień związanych ze strefą brzegową nie jest jeszcze ustalona i opracowana ostatecznie. Często spotkać się można z różnymi określeniami tej samej formy czy procesu. Zwykle też zakres i granice terminów są przez różnych badaczy rozmaicie pojmowane.

Ze względu na brak miejsca nie przeprowadzam pełnej dyskusji wszystkich terminów. Podaję je w sposób przeze mnie przyjęty, z zaznaczeniem autora wprowadzanego terminu.

W pracy oparłem się na artykułach i oryginalnych pracach oraz na następujących źródłowych podręcznikach: D. Johnson 1919, V. Zenkovič 1946, M. Klenova 1948, F. Shepard 1948, R. Shrock 1948, O. Leontiev 1955, D. Nalivkin 1956 i K. Zagrodzki 1956.

W sprawach ściśle terminologicznych dostosowywałem się, w miarę

możności, do Geological Nomenclature 1959, posługując się też innymi słownikami specjalistycznymi. Z polskich słowników opierałem się na Bernattcie (1935), Słowniku Morskim (1936) oraz na pracach B. Ślaskiego (1911, 1922).

W tekście oprócz terminów polskich podaję, tam gdzie to było możliwe, odpowiedniki obce w kolejności — angielskie, niemieckie, francuskie i rosyjskie.

Opisując wiatr i morze stosowałem międzynarodową skalę Beauforta, pisząc w skrócie B (np. stan morza — 5 B, czy wiatr — 6 B).

Znajdowane w stanie kopalnym mikroformy strefy brzegowej służyć mogą do określenia charakterystyki basenu sedymentacyjnego, rozmieszczenia partii brzeżnych zbiorników wodnych, czy też do podania kierunków transportu. Przykładem takiego zastosowania mikroform mogą być prace: Pepper, de Witt & Demarest 1954, Dżułyński 1949, Dżułyński & Zak 1960, Radwański 1959, Radwański & Roniewicz 1960.

Poza granicami Polski poświęca się wiele uwagi zbieraniu materiałów i szczegółowemu opracowywaniu tworzących się dziś mikroform z uwzględnieniem ich przydatności dla sedymentologii utworów kopalnych. Z nielicznymi wyjątkami są to prace dotyczące mórz, na których zachodzą silne pływy. Badania nad mikroformami polskiego wybrzeża Bałtyku stanowią dalszy krok naprzód do poznania warunków panujących w niemal zamkniętych zbiornikach morskich, w których pływy nie zachodzą prawie wcale.

Pragnę na tym miejscu podziękować Panu Docentowi Z. Kotańskiemu za życzliwą opiekę i pomoc podczas pisania niniejszego artykułu. Składam również podziękowania Panu Profesorowi Z. Pazdro za kilkakrotną dyskusję i cenne dla mnie wskazówki. Magistrowi P. Roniewiczowi wdzięczny jestem za uwagi i przedyskutowanie zagadnień związanych z opisem i terminologią zmarszczek.

DANE WPROWADZAJĄCE I TERMINOLOGIA

Przedstawię tu pokrótce ogólne zagadnienia z zakresu procesów brzegowych i związaną z tym terminologię, dostosowaną do warunków polskiego wybrzeża.

Charakterystyczną cechą wybrzeży południowego Bałtyku jest praktycznie brak pływów. Według K. Zagrodzkiego (1956) skok pływu wynosi 2 cm. Wzdłuż brzegu rozciąga się szeroki pas płycizn. Głębokość graniczna, na której falowanie ulega zmianom i fale zaczynają oddziaływać na dno, wynosi 10-12 m, przy czym izobata dziesięciometrowa przebiega mniej więcej w odległości 1 km od linii brzegowej.

Opisując formy i zjawiska, za podstawę określania kierunków przyjmuje się tam gdzie nie jest dogodnie opisywanie według stron

świata, kierunek rozprzestrzeniania się fal, podobnie jak w geomorfologii przyjmuje się bieg wody w rzece. Pierwotny będzie w tym ujęciu ruch skierowany ku lądowi, a powrotny — ruch czy kierunek w stronę morza. Kierunki prawy i lewy orientuję, stojąc tyłem do nadbiegających fal. Analogicznie przedni np. skłon fali zwrócony jest do brzegu (lądu), a tylny przeciwnie — w stronę morza.

Zasadnicze procesy strefy brzegowej

Falowanie i procesy z nim związane

Główną rolę w formowaniu i przebiegu procesów brzegowych odgrywa falowanie. W dalszym ciągu za mować się będą jedynie falami powstającymi pod wpływem wiatru, oznaczając wysokość fali h , długość fali L i głębokość wody H . Maksymalna wysokość fali na Bałtyku wynosi $h = 5$ m (Zagrodzki 1958).

Jednym z czynników, od których zależą parametry fal, jest głębokość morza. Na głębokości równej w przybliżeniu połowie długości fali ($H = 1/2 L$), orbity zakreślane przez cząstki wody ulegają zmianie z kolistych na elipsoidalne, stopniowo stają się coraz bardziej płaskie, aż wreszcie przy samym dnie istnieje tylko ruch prostoliniowy w przód i w tył. Jeśli fale przechodzą nad pochyłym spływającym się dnem, to wówczas następuje szybsze skracanie się górnej półosi elipsy, niż półosi dolnej. Fala zaczyna się deformować (wg Zenkoviča 1946, począwszy od głębokości $H = 2 h$) i staje się asymetryczna, o ostrym przednim skłonie grzbietu. Asymetria fali powoduje powstanie różnic prędkości ruchów wody przy dnie, skierowanych ku przodowi i ku morzu. Różnice w długości czasu trwania ruchu w przód i w tył powoduje powrotny prąd denny (Zenkovič 1946).

Asymetria fali rozwija się aż do momentu ostatecznego jej rozbitcia. Jeśli brzeg nachylony jest pod kątem większym niż 45° , następuje nie załamanie, a odbicie fali. Przy kątach zbliżonych do 45° , lecz mniejszych, fale podchodzą niezmiennie blisko do brzegu, na którym od razu ulegają ostatecznemu rozbitciu, bez poprzedniej deformacji i załamania się. Jeśli brzeg ma nachylenie małe, fale stopniowo na dużym odcinku tracą wysokość i do brzegu dochodzą już fale małych rozmiarów.

Pojedynczą załamaną falę nazywam *grzywaczem* (breaker; Brecher, Brandungswelle; brisant; burun). Ogólne zjawisko łamania się fal określam jako *kpiel*, natomiast *przybój* (surf; Brandung; déferlement, ressac; priboj) będzie to łamanie się fal połączone z ostatecznym rozbitciem przy uderzeniu o brzeg. Obszar zawarty pomiędzy miejscem pierwszego zdeformowania fali, przy jej podchodzeniu do brzegu, a miejscem

jej ostatecznego rozbitcia nazywam *strefą przyboju* (surf zone; Brecherzone, Brandungszone; zone de brisant; pribojnaja zona).

Masa wody powstała z rozbitcia fali nie podlega już prawidłom ruchu falowego, ale jako *potok przyboju* (pribojnyj potok) wbiega na brzeg i po chwili, pod wpływem działania siły ciężkości, stacza się z powrotem w dół po stoku brzegu. Ruch potoku przyboju w górę nazywam *napływem* (uprush, swash; Auflaufen der Wellen; jet de rive; nakat, priamyj pribojnyj potok), ruch skierowany przeciwnie — *spływem* (backwash; Zurückziehende Welle; retrait, otkat, obratnyj pribojnyj potok). Używany często zamiast spływu termin fala powrotna nie jest prawidłowy, gdyż nie mamy już wówczas do czynienia z ruchem falowym. Strefę od miejsca rozbitcia fal do krańca zasięgu napływu nazywam *strefą potoku przyboju*.

Powstałe z rozbitcia fal bryzgi niesione wiatrem uderzają i zwilżają powierzchnię plaży. Obszar plaży pokrywany bryzgami nazywam *strefą bryzgów* (spray zone, Sprühzone, zone des embruns).

Przy falowaniu skierowanym ku lądowi tworzy się nagromadzenie wody przy brzegu. Woda wraca w stronę morza przy dnie, prostopadłe do czoł fali, dając *powrotny prąd denny* (undertown, rückläufiger Strom, flot de fond, protivotečenie). F. Shepard (1948) stwierdził, że ten wyrównawczy prąd może także przebiegać powierzchniowo, gdy fale nabiegają prostopadłe na brzeg. Nagromadzona przy brzegu woda przerywa pas przyboju i rozlewa się potem wachlarzowato. Jest to *prąd rozrywający* (rip current, Abschleifungsstrom, razryvnoje tečenie). M. Książkiewicz (1959) proponuje nazwę powrotny prąd powierzchniowy, wydaje mi się jednak, że ta nazwa nie oddaje dobrze charakteru prądu. Zaznaczam, że prąd rozrywający wywiera pewne oddziaływanie na dno.

Poprzeczne przemieszczanie materiału powstające w wyniku falowania

Cząstka osadu znajdująca się w obrębie strefy brzegowej porusza się wskutek działania siły ciężkości i pod wpływem falowania.

Jeżeli dno jest poziome a fala nie zdeformowana, to cząstka osadu na dnie porusza się w momencie przechodzenia nad nią grzbietu fali nieco w stronę brzegu i powraca do pierwotnego położenia w chwili, gdy nad nią przechodzi dolina fali.

Na dnie pochylonym odcinek drogi, przebyty przez cząstkę w górę ku brzegowi, skróci się pod wpływem siły ciężkości, a kierunek przeciwny ulegnie wydłużeniu. W miarę zmniejszania się głębokości fala staje się coraz bardziej asymetryczna, co pociąga za sobą różnice w rozkładzie prędkości cząstek. W końcu asymetria ta da taką przewagę prędkości prądu skierowanego w stronę brzegu, że wyrównane zostanie działanie powrotnego prądu dennego wzmocnionego przez siłę ciężkości. Linia,

na której zachodzi to zjawisko, nosi nazwę *linii neutralnej*. Powyżej linii neutralnej cząstki poruszają się do przodu, poniżej zaś poruszają się do tyłu. Można zatem mówić o dwóch głównych strefach przemieszczenia osadu, rozwój których powoduje zmiany głębokości, kąta nachylenia stoku, a także zmiany położenia linii neutralnej. Tak więc prawidłowej jest mówić o *strefie neutralnej*, a nie o linii neutralnej (Zenkovič 1946).

Pod wpływem działania fal na dno w pobliżu brzegu i na sam brzeg zostaje wytworzona w przeciągu dostatecznie długiego czasu powierzchnia, odpowiadająca krzywej profilu równowagi. Profil równowagi poprzecznej zależy od pierwotnego kąta nachylenia dna i brzegu, materiału, z którego jest zbudowany, i wreszcie od siły działania fal.

Przemieszczanie osadu wzdłuż brzegu

Opisane zjawiska zachodzą w podany sposób, gdy czoła fal przebiegają równoległe do brzegu. Jeśli jednak fale uderzają o brzeg pod pewnym kątem, wówczas cząstki poruszają się będą wzdłuż brzegu po wypadkowej promienia fali i kierunku działania siły ciężkości. Jeżeli skłon został dostosowany do profilu równowagi, to ruch cząstek wzdłuż brzegu będzie zachodził równoległe do izobat.

Przy niewielkim kącie utworzonym przez promień fali z brzegiem następuje rozmywanie brzegu i znoszenie materiału, a przy dużym kącie — narastanie brzegu.

Ten ruch cząstek nazywam *dryfem dennym* (bottom drifting, prodolnoje donnoje peremeščenie nanosov) w pewnej odległości od brzegu, a *dryfem plażowym* (beach drift; Sandriftung, Sandvertriftung; derive littorale; prodolnoje beregovoje peremeščenie nanosov) ruch cząstek w strefie potoku przyboju. Prąd powstały w wyniku dryfu dennego i plażowego nazywam za M. Książkiewiczem (1959) prądem litoralnym (longshore current; Küstenströmung, küstenparellele Meereströmung), a ogólne zjawisko przenoszenia osadu wzdłuż brzegu określam jako transport litoralny (przybrzeżny — longshore transport, küstenparallele Verfrachtung, transfert parallel à la côte, wólnovij potok nanosov).

W pracach Instytutów Morskiego i Budownictwa Wodnego PAN w Gdańsku używa się określenia *potok rumowiska*, nie jest to jednak nazwa prawidłowa, gdyż prąd litoralny przynosi nie tylko rumowisko powstałe z niszczenia klifów, lecz także materiał pochodzący z dna.

Podział strefy brzegowej (shore zone, beregovaja zona)

W literaturze zagranicznej przyjęto dzielić strefę brzegową na części, posługując się jako liniami granicznymi liniami wysokiej i niskiej wody.

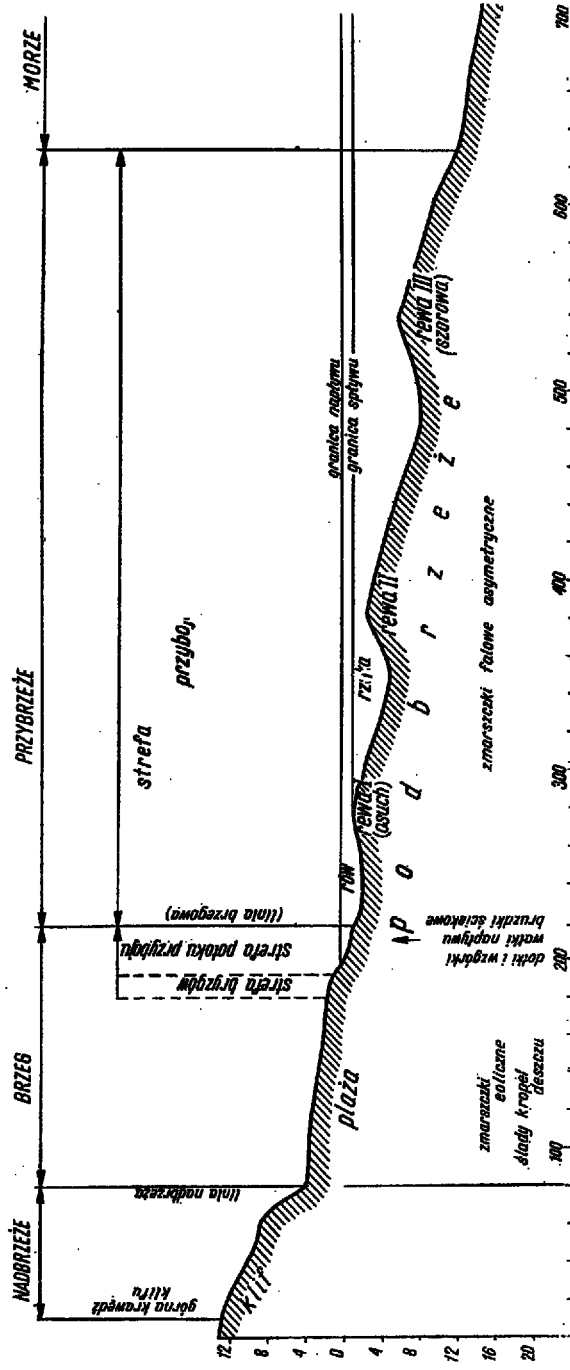


Fig. 1
Podział strefy brzegowej
Division of shore-zone (Polish terminology)

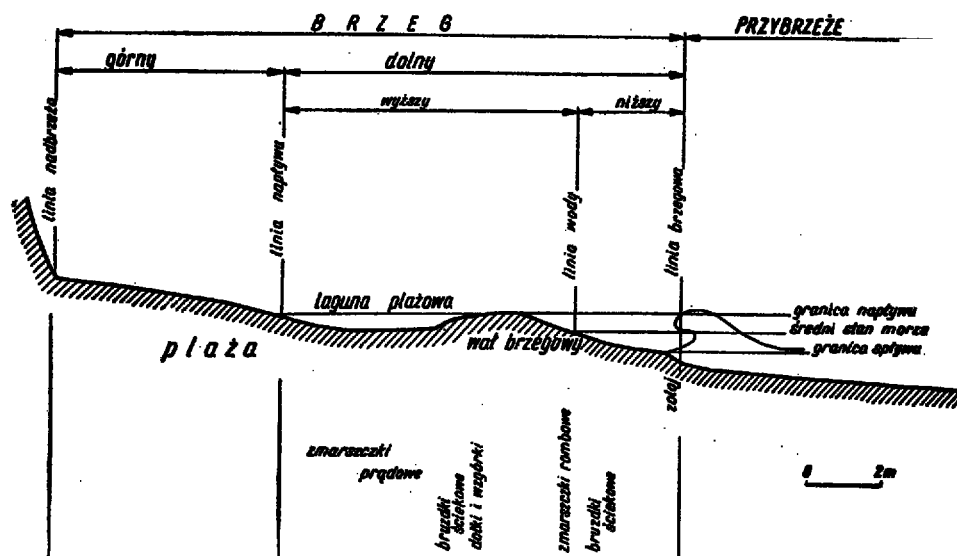


Fig. 2

Podział brzegu

Division of shore (Polish terminology)

Automatyczne przenoszenie podziałów opracowanych dla stref brzegowych z zachodzącymi na nich pływami do stref brzegowych typu Bałtyku, na których pływy nie zachodzą, prowadzi do nieporozumień. D. Piasecki (1954) dzieli strefę brzegową Bałtyku na podstawie wysokiego, średniego i niskiego stanu wody. Jeśli jednak zechcemy opisywać poczynione obserwacje według jego schematu, napotkamy pewne trud-

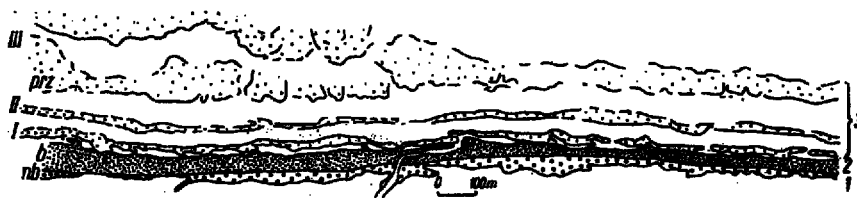


Fig. 3

Plan strefy brzegowej w okolicy Karwia (opracowany na podstawie zdjęć lotniczych wykonanych w sierpniu 1958 r.)

nb nadbrzeże, b brzeg, prz przybrzeże, 1 wydmy, 2 plaża, 3 rewy, I rewa I (osuch), II rewa II, III rewa III (rewa szorowa)

Plan of shore zone in the vicinity of Karwia based on air photographs taken in August, 1958

nb coast, b shore, prz offshore, 1 dunes, 2 beach, 3 lows and balls, I ball I, II ball II, III ball III

ności. Nie wiadomo bowiem, co przyjąć za wysoki poziom wody. Czy jest to poziom najwyższy w ciągu kilku dni, lat, czy może najwyższy jaki kiedykolwiek zaobserwowano na danym odcinku strefy brzegowej. Starałem się opracować terminologię w taki sposób, aby można było w każdym momencie obserwacji określić jednoznacznie poszczególne części strefy brzegowej. Zasadnicze granice części strefy brzegowej wyznaczam, opierając się na liniach napływu i spływu.

Podziały strefy brzegowej opracowane przez poszczególnych autorów różnią się nieraz zasadniczo pomiędzy sobą. Powoduje to poważne trudności przy korelacji terminów zagranicznych i przy opracowywaniu polskiej terminologii, rozbudowanej w sposób bardziej szczegółowy, a odpowiadającej podziałom zagranicznym. Najważniejsze podziały autorów polskich i zagranicznych podaję w zestawieniu w tabeli 1. Na figurze 1 i 2 podane są schematy podziału strefy brzegowej i brzegu, a na figurze 3 plan strefy brzegowej okolic Karwi.

Brzeg (shore, Ufer, rivage, bereg)

Brzeg w obrębie strefy brzegowej jest częścią główną, rozdzielającą morze od lądu.

Spośród wielu określeń brzegu, najlepsze jest — moim zdaniem — określenie Hartnacka (podaję za Zenkovičem 1946). Według Hartnacka, brzegiem będzie „Pas pograniczny, który należy częściowo do lądu, częściowo do morza, przejściowa strefa, w której przejawiają się wpływy zarówno morza, jak i lądu”. Definicję tę należy jeszcze uzupełnić podaniem granic. Najczęściej jako granice podaje się linie wysokiej i niskiej wody. Z przyczyn omówionych powyżej stosuję inne podstawy podziału. Tak więc granicą brzegu od strony morza będzie dolna granica spływu (zachodzącego w momencie obserwacji). Granicę od strony lądu stanowić będzie linia maksymalnego zasięgu napływu w czasie sztormu, który dał formy czytelne jeszcze w momencie obserwacji. Będą to np. podcięcia lądu lub maksymalne przeniesienie materiału w stronę lądu.

Górna część brzegu zwykle jest sucha, a napływ pokrywa ją jedynie w czasie silnych sztormów. Nosi ona nazwę *brzeg górny* (backshore, trockner Strand, haute plage). Ciągnie się on od linii maksymalnego zasięgu napływu, w czasie obserwacji, do granicy brzegu z następną częścią strefy brzegowej zwanej nadbrzeżem. Jeśli na plaży znajduje się laguna plażowa oddzielona od morza wałem brzegowym na tyle wysokim, że napływ nie przelewa się przez niego jako granicę brzegu górnego i dolnego, przyjmuję przedni skraj laguny.

Pozostała część brzegu, zwykle pokrywana wodą, nazywa się *brzeg dolny* (foreshore, nasser Strand, bas de plage). Można tu jeszcze wydzielić brzeg dolny *wyższy* (upper foreshore) — od granicy z brze-

giem górnym, do linii średniego (w danej chwili) poziomu morza. Linia ta praktycznie dzieli dwa środowiska — lądowe i morskie i nazywana jest *linią wody* (water line, Wasserlinie, laisse d'eau).

Brzeg dolny *niższy* (lower foreshore) zajmuje pas od linii wody do dolnej granicy spływu, zwanej *linią brzegową* (shoreline, Uferlinie, ligne de rivage, beregovaja linia).

W pracach polskich można się spotkać z odmiennymi terminami, stanowiącymi odpowiednik terminów Johnsona (1919), *foreshore* i *back-shore*. Tak więc Z. Pazdro (1950) proponował terminy *nadwodzie* i *podwodzie*. Wydaje mi się jednak, że są to za ogólne pojęcia, bliższe zakresem terminom o tym samym brzmieniu, wprowadzonym przez Nałkowskiego (podaję za Piaseckim 1954) na określenie części strefy brzegowej znajdujących się po obu stronach brzegu. S. Dżułyński (1949) podał jako tłumaczenie foreshore — pobrzeże. Nie jest to jednak zgodne ze znaczeniem tego słowa, pobrzeże bowiem oznacza przestrzeń lądu o znacznej szerokości, który regionalnie można wydzielić na podstawie jego związku z morzem (mikroklimat, zajęcie mieszkańców itd.) np. Pobrzeże Kaszubskie.

Terminy *brzeg górny* i *dolny* stosuję za D. Piaseckim (1954), daję jednak inne określenie ich granic.

Nadbrzeże (coast, Küste, côte, pobereże)

Na określenie pasa lądu przylegającego do brzegu przyjmowano najrozmaitsze nazwy i definicje. Za D. Piaseckim (1954) przyjmuję termin *nadbrzeże*. Nadbrzeżem zatem będzie pas lądu położony wzdłuż brzegu, ograniczony granicą brzegu i przednią granicą strefy brzegowej. Granica nadbrzeża z brzegiem nosi nazwę *linii nadbrzeża* (coast line). Linia nadbrzeża w strefie brzegowej z wyraźnymi pływami zwana jest *linią wysokiej wody* (high tide shoreline, hohe Wasserlinie, laisse de haute mer, čerta prilivnogo urovnja).

Przednia granica strefy brzegowej określona jest linią, na której kończy się bezpośredni wpływ morza na ląd. Granicę tę, według D. Piaseckiego, wyznacza zasięg procesów, decydujących o formowaniu nadbrzeża. Granicami takimi będą np.: przedni skraj wydmy utworzonej z piasku wywianego z plaży, górna krawędź klifu, lub zasięg szczeliny pękającego gruntu przy krawędzi klifu. Klifem nazywam stromo opadającą ścianę lądu, utworzoną przez podcięcie mas lądowych. Strome ściany, przeważnie mniejszych rozmiarów, powstałe przez podcięcie utworów zbudowanych przez czynniki morskie, nazywam po prostu podcięciami brzegu, plaży lub wydmy.

W podobny sposób, jak przyjęto w tej pracy, definiują nadbrzeże Johnson, Zenkovič i Klenova, różniąc się nieco w określaniu granic.

Innym terminem, stosowanym często w znaczeniu nadbrzeża, jest *wybrzeże* (stosuje je np. Z. Pazdro). W języku potocznym *wybrzeże* oznacza jednak całość pasa pogranicza wody i lądu. Można więc traktować *wybrzeże* jako odpowiednik strefy brzegowej. Do terminu *wybrzeże* powrócę jeszcze przy łącznym omawianiu strefy brzegowej. W pierwszych polskich pracach dotyczących terminologii strefy brzegowej określano nadbrzeże jako *nadwodzie* (Pawłowski) i część *nadwodna* (Nałkowski) — podaję za Piaseckim (1954). Jednakże w obrębie brzegu spotykamy się także z częścią zwykle suchą, nie pokrytą wodą (brzeg górny), tak więc termin *nadwodzie* lub część *nadwodna* nie określa dokładnie granic.

Termin *nadbrzeże* silnie jest atakowany przez inżynierów budownictwa wodnego. Według nich jest zbyt duża zbieżność fonetyczna słowa *nadbrzeże* ze słowem *nabrzeże*, które oznacza budowlę portową. Pomimo to jednak pozostaję przy tym terminie, gdyż brak jest innej odpowiedniej nazwy, jak to wykazano powyżej.

Przybrzeże (*offshore*; *Küstenfern*; *au large de la côte*; *pribereżje*, *vzmorje*)

Według Zenkoviča *przybrzeże* jest to obszar znajdujący się stale pod wodą, rozciągający się od linii brzegowej do izobaty, poniżej której wpływ ruchu falowego na dno praktycznie równa się zeru. Linie brzegową stanowić może przy wyraźnych pływach linia niskiej wody (*low tide shoreline*, *niedrige Wasserlinie*, *laisse de basse mer*, *čerta otlivnogo urovnia*).

Granice *przybrzeża* od strony morza, będącą jednocześnie granicą strefy brzegowej, lepiej jest określać inaczej niż to robi Zenkovič. Izobata, poniżej której wpływ falowania na dno nie ma praktycznego znaczenia, jest bardzo trudna do uchwycenia, gdyż przeważnie wylicza się ją teoretycznie. W warunkach strefy brzegowej południowego Bałtyku za granicę tylną *przybrzeża* można przyjąć linię, na której zachodzi pierwsze zdeformowanie fali podchodzącej do brzegu. W wyniku tego zdeformowania i zmiany fali na asymetryczną, translacyjną, jest osadzenie materiału w postaci wałka na dnie. Rozwój tego wałka prowadzi do powstania rewy (rewy opisane są przy formach akumulacyjnych).

Reasumując — *przybrzeże* będzie to obszar znajdujący się stale pod wodą, a rozciągający się od najdalej wysuniętej w morze rewy do linii brzegowej.

D. Piasecki stosuje termin *podbrzeże*, trzymając się logicznego podziału — brzeg, *nadbrzeże* i *podbrzeże*. Według niego termin *przybrzeże* jest nieściśly, gdyż może to być zarówno pas położony przy brzegu od strony morza, jak i od strony lądu. Moim zdaniem, należy

zachować termin przybrzeże (tak jak go podaje Z. Pazdro 1950), ponieważ jest to termin od dawna używany przez ludzi związanych z morzem. Na przykład przybrzeżne połowy, przybrzeżne pływanie, mielizny itd. Można postawić zarzut, że są to terminy dwuwyzrazowe, w których drugie słowo wskazuje na przynależność do strefy morskiej, a nie lądowej, że np. równie dobrze można mówić o przybrzeżnych wydmach. Jednakże praktycznie biorąc, słowo przybrzeże stosowane jest wtedy, gdy myślimy o morskich formach czy zjawiskach, patrząc na nie od strony morza lub podkreślając ich związek z lądem. Odwrotną sytuację możemy zauważyć, gdy chcemy podkreślić związek partii lądu z morzem. Mówimy wtedy o przymorzu. Przymorze nie będzie odpowiednikiem pobrzeża — jest to określenie pośrednie między pobrzeżem a nadbrzeżem.

Przybrzeże w zakresie podanym w tej pracy używane jest w pracach Instytutu Morskiego (np. Badania Klifu Rozewskiego), podręcznikach żeglarskich i mowie potocznej ludzi związanych z morzem.

Termin D. Piaseckiego — podbrzeże stosuję dla określenia dna przybrzeża i brzegu dolnego niższego, czyli partii strefy brzegowej pokrytej wodą. Odpowiada to terminowi Zenkoviča — *podvodnyj beregovyj sklon*.

Strefa brzegowa a wybrzeże

Strefa brzegowa jest to strefa obecnie zachodzącego, wzajemnego oddziaływania na siebie lądu i morza. Zachodzi tu wynoszenie materiału z lądu przez morze i rozdrabnianie tego materiału wskutek przenoszenia go falami lub prądami.

Granicami tej strefy są, jak już poprzednio omawiałem, od strony morza — najdalej w morze wysunięta rewa, a od strony lądu — linia, na której kończy się bezpośredni wpływ morza na ląd.

W obręb strefy brzegowej wchodzi brzeg, nadbrzeże i przybrzeże.

W pracach poświęconych strefie brzegowej spotykamy się z dwiema grupami ujęć. Jedne z nich, tak jak przyjęto w tej pracy, ujmują jedynie pas, gdzie obecnie zauważyć można wzajemny wpływ lądu i morza. Ujęcia odmienne traktują strefę brzegową jako część większej strefy, którą nazywam *wybrzeżem*. Wybrzeże powstaje wskutek zmian warunków powodujących zmiany zasięgu i rozprzestrzeniania strefy brzegowej. Według O. K. Leontieva (1955), po obu stronach strefy brzegowej rozciągają się strefy dawnych oddziaływań na siebie lądu i morza, strefy pograżonych lub wyniesionych tarasów.

Valentin w pracy *Die Küsten der Erde* (podaję wg recenzji J. Kobenziny, z terminami polskimi uzgodnionymi z doc. M. Czekańską, *Czasopismo Geograficzne*, t. XXXI, z. 2) dzieli strefę brzegową na wy-

Tabela (Chart) 1

Zestawienie porównawcze podziałów strefy brzegowej i wybrzeże
Comparative chart of the divisions of the shore-zone and coast

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
W. Nałkowski (1919)	S. Pawłowski (1922)	Słownik Morski (1936)	Z. Pazdro (1950)	D. Pia- secki (1954)	D. John- son (1919)	H. Valentin (1952)	M. Czekańska (1960)	O. Leontiev (1953)	S. Rudowski (1962)		
brzeg	nadwodzie	brzeg	brzeg	brzeg	shore	ufer	Küste	brzeg	bereg	brzeg	
część nadwodna		wybrzeże	wybrzeże	nadbrzeże	coast	—		—		primorje	nadbrzeże
część podwodna	podwodzie (częściowo brzeg)	przybrze- że	przybrze- że	podbrzeże	offshore	Schorre	podbrzeże	pribereże	przybrzeże		
wybrzeże	wybrzeże	—	—	wybrzeże	shore zone	Küste	strefa brzegowa	pobereże	beregovaja zona	strefa brzegowa	
—	—	—	—	—	—	Meerssboden			wybrzeże właściwe	pogrużennyje terrasy	tarasy pogrą- żone
—	—	—	—	—	—	Festland			lądowy pas wybrzeża	podnjatyje terrasy	tarasy wyniesione

brzeże właściwe, lądowy pas wybrzeża i morski pas wybrzeża. Mam zastrzeżenia co do słuszności nazywania całej tej strefy strefą brzegową. Strefa brzegowa jest ściśle związana z obecnie istniejącym brzegiem i w wyniku jej rozwoju otrzymujemy wybrzeże. Niezbyt trafny jest też podział lądowego pasa wybrzeża na zaplecze, noszące ślady morza plejstoceńskiego w postaci form lub osadów, i nadbrzeże, zbudowane przez rzeki i morze w holocenie. W pracy Valentina podział wybrzeża właściwego dokonany jest na podstawie poziomów związanych z pływaniami, co także utrudnia stosowanie jego terminologii w naszych warunkach. Bardziej praktyczne jest stosowanie się do terminologii Leontieva. Przyjmując strefę brzegową w ujęciu podanym w niniejszej pracy, formy poziomów poważnie odbiegających od dzisiejszego poziomu morza, a które pozostawiły czytelne do dziś formy, umiejscawiam w strefie podniesionych lub pogrążonych tarasów. Tak np. w okolicy Karwi strefa brzegowa sięgać będzie od najdalszej od brzegu rewy (tu ok. 350-400 m) do przedniej granicy wydmy najbliższej plaży, nieutrwalonej i nieporośniętej. Od pasa wydm, aż po Sławoszyno i Odargowo rozciąga się strefa podniesionego tarasu, dawnej litorynowej strefy brzegowej. Na południowej jej granicy znajdują się strome ściany Kępy Sławoszyńskiej i Odargowskiej, przyjmowane za klif litorynowy.

W literaturze oceanologicznej często spotkać się można z terminem litorał lub strefa litoralna. Jest to jedna ze stref podziału dużych zbiorników wodnych, obejmująca ich części brzeżne. Pozostałe części to nerytyk, pelagial i abysal. Podział ten dokonywany jest zazwyczaj na podstawie morfologii dna i rozmieszczenia organizmów w morzu.

Granice litorału są jednak odmiennie określane przez poszczególnych autorów. Jedni autorzy umiejscawiają litorał na obszarze między przyływem i odpływem, omawiając go jako oddzielną strefę zbiornika lub włączając go do nerytyku. Inni traktują litorał szerzej, przedłużając go do dolnej granicy zasięgu wodorostów, lub nawet rozciągając go na cały szelf. W takim przypadku litorał podzielony jest zwykle na trzy części: supralitorał czyli litorał najwyższy, eulitorał czyli litorał właściwy — do granicy odpływu i sublitorał — poniżej linii odpływu. Sublitorał bywa też traktowany jako część oddzielna, położona między litorałem a nerytykiem.

W tej pracy terminowi litorał odpowiada termin strefa brzegowa.

W zestawieniu terminów strefy brzegowej (tab. 1) nie umieściłem litorału ze względu na odmiennie zasady podziału i poważne różnice w określaniu granic. Z tych samych powodów lepiej jest stosować dla pogranicza lądu i morza termin strefa brzegowa, a nie litorał. Natomiast dla utworów kopalnych, o których wiadomo tylko, że utworzone zostały niedaleko od brzegów, termin litorał będzie bardzo odpowiedni.

Formy akumulacyjne strefy brzegowej

W wyniku działalności procesów brzegowych tworzą się nagromadzenia osadów. Jeśli te nagromadzenia zaznaczają się wyraźnie w rzeźbie strefy brzegowej, noszą nazwę form akumulacyjnych (Zenkovič 1946). Omówię pokrótce niektóre z tych form, opierając się na klasyfikacji morfologicznej, opracowanej przez Zenkoviča na podstawie związku form akumulacyjnych z lądem. Będą to ogólnie formy przystające, swobodne, zamykające i oddzielone.

Formą przystającą jest między innymi *wał brzegowy* (beach ridge; Strandwall, Uferwall; crête de plage; beregovyj vał), zbudowany z materiału wyrzuconego na plażę przez napływ.

Typowym przykładem formy swobodnej jest *kosa* (spit, Haken, flèche, kosa), czyli forma powstała głównie wskutek działalności prądu przybrzeżnego, jednym tylko końcem połączona z brzegiem (np. półwysep Hel).

Formą zamykającą, o obydwu końcach połączonych z lądem, będzie *mierzeja* (bay mouth bar; Nehrung p.p.; cordon littoral, p.p. flèche littoral).

Na określenie form, tworzonych głównie przez fale, a niekiedy nie zamykających prawie całkowicie część zatoki, stosowany jest w terminologii zachodniej i rosyjskiej termin *bar*. Są to wały piaszczyste ciągnące się wzdłuż linii brzegowej, zalewane jedynie podczas najwyższych stanów wód. W Polsce barem nazywano, według Ślaskiego (1922), pasy mielizn powstające przy ujściu rzeki do morza. Byłby to jeden z rodzajów baru tzw. bar przyujściowy. Myślę, że można będzie przenieść termin *bar* na całość form określanych w ten sposób za granicą.

Wały piaszczyste, których grzbiety stale pokryte są wodą, noszą nazwę *rewy* (low and ball; Unterwasser Rift, Sandrift; crête d'avant côte; podwodnyj wał). Rewa jest starą nazwą kaszubską (Ślaski 1911), używaną także w łocji i żeglarstwie (Sumiński 1950). Spotkać się można też z określeniem *ryf* (por. Książkiewicz 1959), nazwa rewa jest chyba jednak bardziej prawidłowa. Natomiast nazwę *ryf* stosować można do określenia takich form jak Ryf Mew w Zatoce Puckiej. Jest to podwodny wał powstały w wyniku nakładającej się działalności dwóch prądów.

Zdarza się, że najbliższa brzegu rewa wychodzi ponad powierzchnię wody, stając się barem. Tego typu bary ciągnąć się mogą na długich przestrzeniach, nie wykazując połączenia z lądem. Nazywane są wówczas *barami przybrzeżnymi* (offshore bars) i należą do form akumulacyjnych oddzielonych.

Rewy ciągną się na długości wielu kilometrów. Najczęściej można wyróżnić wśród nich trzy wyraźne wały, oddzielone korytami. Jeśli

występuje większa ilość rew, wtedy część z nich, przeważnie najbliższe i najdalsze brzegu są gorzej rozwinięte i niewyraźne. Rewy stanowią, według van Straatena, rodzaj pręg (surf megaripples). Geneza rew nie jest jeszcze ustalona. Jeśli jednak przy miemy za najwłaściwszą hipotezę de Baumonta, rozszerzoną przez Zenkoviča (1946), rewy można zaliczyć do form rytmicznych. Zgodnie z tą hipotezą, rewy powstają na słabo nachylonych (do 30°) dnach przybrzeża, pokrytych dużą ilością niezwiązanego osadu piaszczystego. W miejscu pierwszego zdeformowania fali tworzy się na dnie mały występ, który później powoduje dalszą, większą deformację fali i powoli rośnie. Jeśli od miejsca pierwszego zdeformowania do brzegu jest jeszcze duża przestrzeń, fala może stać się znów symetryczna, tylko o mniejszych niż początkowo rozmiarach. Przy dalszym, stopniowym spłycaaniu dna ponownie utworzyć się może następny występ na dnie. Występy rosnąc stają się rewami, osiągając nieraz duże rozmiary. W trakcie rozwoju rewy mogą przesuwać się w kierunku brzegu, a w jego pobliżu mogą nawet wychodzić ponad powierzchnię wody.

Inne hipotezy zakładają stabilność rew w ciągu lat, lecz dużą wrażliwość na szybkie zmiany kierunku i siły wiatru.

Osobiście obserwowałem wychodzenie rew ponad powierzchnię wody jedynie podczas obniżenia poziomu morza (np. po silnym sztormie). Wynurzała się wówczas tylko rewa najbliższa brzegu, tracąc często charakter długiego wału i łącząc się z brzegiem szeregiem odnóg. Jest to zatem bariera, w tym przypadku forma przejściowa między barem a mierzeją.

Kaszubi posiadają własne nazwy dla trzech najczęściej spotykanych rew. Rewę pierwszą od brzegu nazywają *osuch*, rewa druga nosi nazwę *rewy*, a rewa trzecia to *rewa szorowa*, poza którą jest już tylko *szor*, czyli głębia. Zagłębienie między brzegiem a osuchem zwane jest *rów*, a osuch od rewy oddziela *rzyka*. Pas ostatecznego rozbitcia fali Kaszubi nazywają *zoloj*. Terminologię kaszubską podaje na podstawie Ślaskiego (1911) i na podstawie rozmów z Kaszubami z Chłapowa, Wielkiej Wsi i Kuźnic.

Bariery (barrier; Strandwall, Lido; cordon littoral, lido; peresyp) stanowią pojęcie nie genetyczne a jedynie morfologiczne. Są to wystające z dna wały zawsze wynurzone. Genetycznie mogą być mierzeją lub barem (Nalivkin 1956).

Bariery oddzielają część zatoki od morza i tworzą laguny. W Polsce duże laguny położone w pobliżu ujść rzek i zamknięte mierzejami nazywa się *zalewami* (np. Zalew Wiślany). *Laguny* są zazwyczaj formami dużymi, spotyka się jednak formy identyczne, ale o małych rozmiarach i bardzo krótkotrwałe. Takie laguny, położone za wałem brze-

gowym, nazywam *lagunami plażowymi* (pl. XXXVII). Podobnie istnieją drobne, rzędu kilku metrów, formy kos i barów, które są równie krótkotrwałe, jak laguny plażowe.

NIEORGANICZNE MIKROFORMY STREFY BRZEGOWEJ

Są to ślady działalności zarówno erozyjnej jak i akumulacyjnej, występujące na powierzchni form akumulacyjnych, od których różnią się tym, że nie zaznaczają się wyraźnie w rzeźbie strefy brzegowej. Opisywane są z utworów kopalnych jako formy na powierzchniach warstw.

Mikroformy te dzielę na dwie grupy zasadnicze: formy wykazujące rytmiczność w rozmieszczeniu na powierzchni, na której się tworzą (zmarszczki) i formy nierytmiczne (zagłębienia i wzgórki).

Formy rytmiczne (zmarszczki — ripples, ripple marks; Wellenfurchen, Rippeln, Rippelungen, Rippelmarken; rides; воlnopрибойные знаки, рјаб)

Zmarszczki składają się z wałków materiału zwanych grzbietami i rozdzielających je bruzd. Odległość od grzbietu do grzbietu nazywam (za Dżułyńskim i Żakiem 1960) *rozstępem*, a różnicę wysokości pomiędzy grzbietem i bruzdą określam jako *amplitudę*. Używane jest też określenie *długość fali zmarszczki* (Więckowski 1961). Termin *rozstęp* jest o tyle lepszy, że pozwala na zachowanie określenia *długość*, na opisywanie rozciągłości zmarszczki wzdłuż jej grzbietu. Zbocze, stok zmarszczki wystawiony na działalność prądu wody (lub wiatru) nazywam naprądowym (nawietrznym); zbocze przeciwne będzie zaprądowe (zawietrzne). Często stosowany jest też termin zbocze doprądowe (dowietrzne), jednakże w słownictwie morskim stosowany jest termin poprzedni.

Formy rytmiczne małych rozmiarów nazywane są zmarszczkami, podobnie jak zmarszczki na wodzie, formy duże określane są jako pręgi (Roniewicz 1959). W dalszym ciągu pracy zajmować się będę jedynie zmarszczkami.

Z form pręg, obserwowałem tylko rewy i sierpy plażowe (beach cusps). Rewy są opisane przy formach akumulacyjnych. Sierpy plażowe są to formy trójkątów oddzielonych od siebie łukowatymi zatokami, ciągnących się w seriach po kilkanaście sztuk. Długość sierpów wynosi zwykle jeden do kilku metrów, a wysokość kilkadziesiąt centymetrów. Sierpy plażowe omówione zostaną szerzej w osobnym opracowaniu.

Dla scharakteryzowania zmarszczek podaje się tzw. wskaźnik zmarszczki (ripple index, Verhältnis Abstand zu Amplitude, indeks воlnовой рјаби). Jest to stosunek rozstępu do amplitudy.

W tabeli 2 umieszczone są typy zmarszczek zaobserwowanych przeze mnie. Podane tam są także terminy stosowane przez van Straatena.

Nazwiska w nawiasach podane przy typach zmarszczek w tekście odnoszą się do autora, który pierwszy opisał dany typ zmarszczki (podają za van Straatenem — 1953a).

Zmarszczki w obrębie przybrzeża

Obserwacji zmarszczek położonych dalej od brzegu dokonywałem z pontonu. Przezroczystość wody wynosiła zwykle około 4 metrów, co ograniczało zasięg obserwacji dna do grzbietowej partii rewy. Dalsze partie, jak również głębsze miejsca w rzyce nie były poddane obserwacjom. Na mniejszych głębokościach wykonywałem pomiary, a w miejscach głębszych opisywałem formy, nie mierząc ich.

Zwykłe zmarszczki prądowe. — Nie jest wyłączone, że zmarszczki te mogą się tworzyć w zagłębieniach pomiędzy rewami, przy silnym dryfcie dennym (kaszubska nazwa rzyka wskazuje trafnie na istnienie tam silnego prądu). Dryf denny w czasie przeprowadzania obserwacji był zwykle zbyt słaby, aby utworzyć zmarszczki prądowe, a w czasie sztormu nie można było obserwować dna.

Zwykłe zmarszczki prądowe tworzyły się czasem na górnym odcinku przybrzeża, przy linii brzegowej, gdy podbrzeże było płaskie, a dryf plażowy miał małe oscylacje (np. przy omijaniu cypla). Zmarszczki te miały około 20 cm rozstępu, a długość do pół metra (fig. 4).

Zmarszczki falowe symetryczne (Bucher). — Przy niskich stanach morza i płytkiej górnej partii przybrzeża tworzyły się małe zmarszczki symetryczne o rozstępie do 10 cm i amplitudzie 2-3 cm,

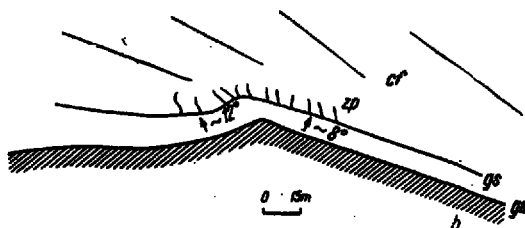


Fig. 4

Powstawanie zmarszczek prądowych przy cyplu brzegowym. Władysławowo 27.10.60
 b brzeg, gn granica napływu, gs granica spływu, zp zmarszczki prądowe, cf czoła fal
 Formation of current ripple marks on the shore point. Władysławowo 27th Oct. 1960
 b shore, gn margin of swash, gs margin of backwash, zp current ripple marks,
 cf wave front

zwykle jednak było ich mało i przechodziły w zmarszczki asymetryczne. Niewyłączone, że w korytach między rewami w tych miejscach, gdzie nie ma silnego prądu, mogą powstawać zmarszczki symetryczne. Niestety nie udało mi się ich zaobserwować.

Zmarszczki falowe asymetryczne (Evans). — Zmarszczki te są najbardziej powszechne i charakterystyczne dla przybrzeża. Spotykałem się z dość dużym urozmaiceniem wielkości i zarysu tych zmarszczek. Zmarszczki najbardziej regularne, o grzbietach na długim

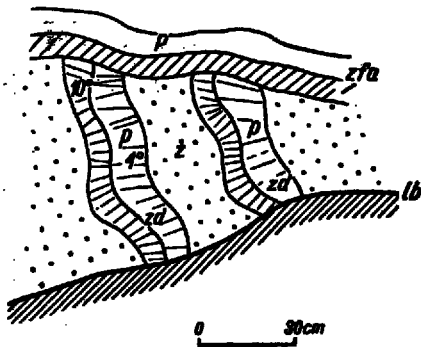


Fig. 5

Powstawanie zmarszczek przekątnych w górnej części przybrzeża, przy linii brzegowej

zd zmarszczki przekątne (stok zaprawdowy gęsto zakreskowany), zfa zmarszczki falowe asymetryczne, lb linia brzegowa, p piasek, z żwir

Formation of diagonal ripple marks on the upper part of the offshore, near the shore line

zd diagonal ripple marks (lee side densely shaded), zfa asymmetric wave marks, lb shore line, p sand, z gravel

odcinku równoległych do siebie i o równej wysokości grzbietu, występowały na naprawdowym skrzydle osuchu i rewy. Miały one średnio rozstęp 15 cm, a amplitudę 3-4 mm, przy stanie morza do 3 stopni B (pomiarzy na osuchu, na rewie tylko obserwacja). W tym samym czasie zmarszczki w rowie i w rzyce były mniejsze.

Szczytowa partia osuchu jedynie przy niższych stanach morza posiada zmarszczki. Jeśli przykrycie wodą jest mniejsze niż około 1 m, a stan morza powyżej 1 stopnia B, to wówczas fale przesuwają piasek w stronę brzegu, nie tworząc zmarszczek.

Zmarszczki w rowie i na górnej, granicznej części przybrzeża były najmniej regularne, o silnie powyginanych grzbietach niejednakowej amplitudy. Grzbiety ulegały rozdzieleniu, przy czym nowe grzbiety odchodziły od grzbietu głównego pod kątem 5-10°. Średnie rozmiary zmarszczek w tym miejscu miały rozstęp 10-20 cm, a amplitudę 1-4 mm, przy niskich stanach morza. Przy stanie morza 3-4 stopni B obserwowałem tworzące się w tej części przybrzeża zmarszczki, których rozstęp wynosił do 45 cm, a amplituda 5-8 mm. Wraz ze zmniejszaniem się wymiarów fali powoli zmniejszały się i zmarszczki. Po upływie kilku godzin, gdy stan morza wynosił już tylko około 2 stopni B, miały rozstęp jedynie 25-30 cm.

Nie spotkałem dotychczas zmarszczek zbudowanych z innego materiału niż piasek lub drobny żwir. Czasami tylko w bruzdach między zmarszczkami spotykałem pokruszone muszelki, szczątki wodorostów oraz ciemne smugi minerałów ciężkich.

Zmarszczki przekątne (van Straaten). — Są to formy rzadkie. Tworzą się wówczas, gdy istnieje silny przepływ w stosunkowo płytkiej wodzie i gdy luźny materiał wleczony jest po twardym dnie. Powstawały w wyniku łącznej działalności dryfu i fal. Parę razy udało mi się zaobserwować tego rodzaju zmarszczki, utworzone z piasku wlezonego po płaskim dnie przy linii brzegowej. Dno było zbudowane z ubitego żwiru, którego prąd nie miał siły podnieść. Posiadały rozstęp 30 cm, amplitudę 2-3 cm, a długość kilkadziesiąt centymetrów, przy czym graniczyły z normalnymi zmarszczkami asymetrycznymi (fig. 5).

Zmarszczki przekątne są to formy składające się z luźno rozrzuconych grzbietów, nie związanych ze sobą za pośrednictwem bruzd.

Zmarszczki złożone, interferencyjne. — W pełni wykształcone wyglądają jak siatka złożona z krzyżujących się grzbietów tej samej prawie wysokości. Są to formy nietrwałe, ulegające szybkim zmianom. Wymiary mają różne, od kilku do kilkunastu centymetrów.

Zmarszczki interferencyjne obserwowałem najczęściej wówczas, gdy niezbyt szeroki cypel wysuwał się na kilka metrów w płytką wodę. Wówczas, przy skośnym nabiegu fali na cypel, silny spływ przelewający się przez cypel nakładał się po jego zawietrznej stronie na falę nadchodzącą z morza.

Zmarszczki złożone, przetworzone. — Przy zmianie kierunku falowania, spotykałem pomiędzy linią brzegową a osuchem zmarszczki asymetryczne falowe o grzbietach pofalowanych wzdłuż ich rozciągłości. Zmarszczki miały rozstęp około 10 cm, a rozstęp tych wtórnych pofalowań wynosił około 5 cm.

Kilkakrotnie obserwowałem też zmarszczki o rozstępie 20 cm, w bruzdach których znajdowały się zmarszczki (rozstęp 8 cm) o przebiegu grzbietu prostopadłym do starszych zmarszczek. Tworzyły się przy zmianie kierunku wiatru i opadnięciu poziomemu morza.

Przy zmianach warunków częste były zmiany zmarszczek polegające głównie na zao krągłaniu grzbietów.

Zmarszczki brzegowe

Zmarszczki brzegu dolnego. — Na brzegu dolnym niższym obserwowałem tylko zmarszczki rombowe (Woodford), które wyglądały jak rybia łuska. Spotykane są rzadko na naszym wybrzeżu, ponieważ tworzą się na plażach słabo nachylonych, przy dużym zasięgu napływu nadchodzącym pod zmiennymi kątami i pokrywającym plażę niegrubą

warstwą wody. Wyraźniej są widoczne wówczas, gdy napływ niesie materiał nieco grubszy od materiału podłoża, np. drobny żwir na piasku. Obserwowałem pole występowania zmarszczek rombowych o powierzchni kilkunastu metrów kwadratowych. Amplituda maksymalnie wynosiła 1-2 mm, a rozstęp i kąt rozwarcia wierzchołka rombu wahał się dość znacznie, zależnie od kąta nabiegu napływu i ilości wody niesionej przez napływ.

Na wybrzeżu południowego Bałtyku często powstają laguny plażowe, w których tworzą się zmarszczki wielu typów (fig. 6).

Jeśli laguna zasilana jest wodą przelewającą się przez barierę, można obserwować przechodzenie zmarszczek jednego rodzaju w inne pod wpływem zmian szybkości prądu. Gdy długo nie ma dopływu

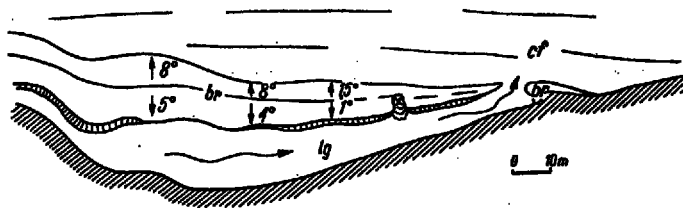


Fig. 6

Plan wycinka brzegu w Świnoujściu na wschód od mola. Wiatr O.B. Morze O.B. 10.08.61

br bariera plażowa, lg laguna plażowa, x ślad starego wypływu z laguny zasypanego przez napływ, cf czoła fal, zakreskowany — stromy stok bariery od strony laguny, nadsypywany przez napływ. Falista strzałka pokazuje kierunek wypływu wody z laguny.

Plan of a sector of the shore at Świnoujście, east of the pier. Wind O.B. Sea O.B. 10th Aug. 1961

br beach barrier, lg beach lagoon, x traces of older backwash from the lagoon filled up by the swash, cf wave front, steep slope of the barrier on the lagoon-side, filled up by the swash shown by shading. Arrow indicates the trend of the outflow water from the lagoon

wody, laguna plażowa zamiera, przepływ ustaje i nowe zmarszczki nie tworzą się. Po nowym przelewie, jeśli powstanie prąd o szybkości wystarczającej na podniesienie osadu z dna (czyli prąd przekroczy pierwszy punkt krytyczny Gilberta i materiał znajdzie się w fazie transportu rytmicznego), zaczynają powstawać zwykłe zmarszczki prądowe. Przy dalszym zwiększaniu szybkości zmarszczki ulegną zniszczeniu (faza micenia po przekroczeniu drugiego punktu krytycznego Gilberta). Jeśli szybkość prądu nadal wzrasta, mogą utworzyć się zmarszczki wsteczne, wędrujące pod prąd (faza fal wstecznych po przekroczeniu trzeciego punktu krytycznego Gilberta — fig. 7).

Szybkość przepływu w lagunie plażowej wzrasta bardzo poważnie w partiach ujściowych, a zwłaszcza w momentach splywu z tej partii.

Jeśli laguna plażowa ma szerokość kilku metrów i przepływ nie odbywa się całym korytem, wtedy nierówności w szybkości przepływu powodują wysuwanie się w pewnych miejscach zmarszczek do przodu

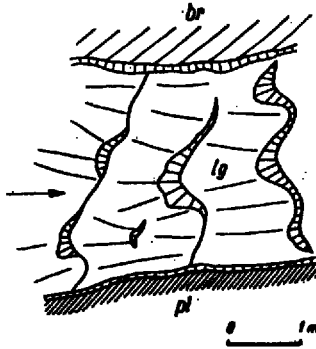


Fig. 7

Zmarszczki wsteczne w dużej lagunie plażowej, przy jej ujściu do morza, 10 metrów od linii brzegowej. Karwia 29.07.61

pl plaża, lg laguna plażowa, br bariera. Gęsto zakreskowane są podcięcia obu brzegów laguny plażowej oraz zaprądowy stok zmarszczek wstecznych. Strzałka pokazuje kierunek wody wypływającej z laguny

Regressive ripple marks in a large beach lagoon at its outlet to the sea, 10 m. from the shore line. Karwia, 29th July, 1961

pl beach, lg beach lagoon, br barrier. The wave-cut shores of the beach-lagoon and the lee side of regressive ripple marks are shown by dense shading. The arrow indicates trend of water outflow from the lagoon

i powstają zmarszczki językowate (Roniewicz 1959). Zmarszczki takie tworzą się również, gdy szybkość przepływu spada, a strumyczki krętym ruchem płyną w poprzek zmarszczek, syjąc małe delty w bruzdach (pl. XXXVIII, fig. 1).

W większych lagunach plażowych, w górnych ich partiach, przeważały zmarszczki językowate. Zwykle zmarszczki prądowe zajmowały część środkową, a zmarszczki wsteczne spotykałem jedynie w pobliżu ujścia lagun. Te ostatnie były najmniej trwałe.

Zmarszczki prądowe w lagunach plażowych miały zwykle wskaźniki mniejsze niż zmarszczki asymetryczne i prądowe ze strefy przybrzeża. Zwykle zmarszczki prądowe miały przeważnie rozstęp 10-15 cm, a amplitudę 2-8 mm; zmarszczki wsteczne rozstęp 1-1,5 m i amplitudę do 0,5 m. Rozmiary zmarszczek językowatych były bardzo różne.

Zmienna szybkość przepływu w lagunie plażowej powoduje mocne zaokrąglanie, a nawet ścinanie wierzchołków zmarszczek. Przy bardzo szybkim opadaniu wody w lagunie obserwowałem tworzenie się na stokach zaprądowych zmarszczek rowków o głębokości kilku milimetrów. Były one równoległe do siebie, a prostopadłe do grzbietu zmarszczki.

W bruzdach zmarszczek powstających w lagunach gromadziły się szczątki roślinne, pokruszone skorupki i nawiany pył. Jeśli laguna wysychała powoli, wówczas jej powierzchnia pokrywała się pylastą błoną, podkreślającą formy i zarys zmarszczek.

Zasypywanie lagun plażowych i utrwalanie zmarszczek. — Bariera dzieląca lagunę od morza w pewnych warunkach zaczyna ją zasypywać. Materiał zasypujący lagunę przelewa się razem z napływem poprzez barierę, formując stok bariery w lagunie, którego nachylenie zależy od kąta naturalnego spoczynku składanego nawodnionego materiału (pl. XXXVIII, fig. 2 i pl. XXXIX, fig. 1). Materiał ten różni się zwykle od materiału, z którego zbudowane są zmarszczki, co ułatwia ich utrwalenie i późniejsze rozpoznanie. Pomimo to tylko dwa razy udało mi się rozpoznać stare zmarszczki przysypane innym osadem, a odsłonięte w podcięciu plaży górnego brzegu.

Zmarszczki brzegu górnego. — Zmarszczki powstające przy przepływie wody można tu obserwować jedynie na dnie rzeczek, czy strumyczków przepływających przez plażę. Można też zauważyć stare zmarszczki wodne, utworzone podczas wyższych stanów morza, a w danej chwili niszczone.

Brzeg górny ma, pomijając deszcze, suchą powierzchnię, co ułatwia rozwój zmarszczek eolicznych.

Oprócz normalnych zmarszczek eolicznych (pl. XXXIX, fig. 2) (wydmy swobodne — Dobrowolski 1923, zmarszczki z zasypywania — Więckowski 1961), obserwowałem grzbiety piaszczyste, ciągnące się za rozrzuconymi po plaży kamykami, chroniącymi piasek przed wywianiem (wydmy rzekome wg. Dobrowolskiego, zmarszczki z wywiewania wg. Więckowskiego — pl. XL, fig. 1).

Podczas wiania silnych, porywistych wiatrów (6-7 stopni B) zmarszczki tworzyły się także na wilgotnej, zmoczonej deszczem powierzchni plaży. Były bardziej strome od normalnych zmarszczek eolicznych i krótsze od nich.

Formy rytmiczne strefy brzegowej mórz z silnymi pływami zostały opisane bardzo szczegółowo przez van Straatena (1953b). Można tam było wydzielić, zwłaszcza na rewach, obszary o różnym kierunku ruchu zmarszczek. Podobnie w eksperymentalnej pracy B. A. Śuljaka (1958) stwierdzony został odrębny ruch zmarszczek na poszczególnych

odcinkach rew. Większość badaczy jest zdania, że ruch materiału w zmarszczkach jest jednym z głównych czynników przesuwania materiału w kierunku brzegu. Do tej pory nie udało mi się zbadać dokładnie form rytmicznych przybrzeża, mam jednak zamiar wykonać takie badania przy użyciu lekkiego sprzętu nurkowego podczas najbliższych sezonów. Ciekawe będzie porównanie rozmieszczenia form rytmicznych mórz pływowych i bezpływowych.

Mikroformy nierytmiczne

Mikroformy nierytmiczne tworzą się na skutek działalności napływu i spływu, wskutek uderzania kropel wody lub przedmiotów o powierzchnię osadu oraz przez uchodzenie bąbli powietrza zawartego w składanym osadzie. W pracy tej zajmę się tylko formami nieorganicznymi, a pomijam ślady na powierzchni osadów, zostawione przez organizmy.

Wszystkie te formy opisuję z powierzchni brzegu, a zwłaszcza brzegu dolnego.

Wałki napływu (swash marks; Spülmarke; traces du jet d'arrivée; znaki vpleska, linii priboja)

Napływ wbiegając na brzeg o małym kącie nachylenia pozostawia na krańcach swego zasięgu drobne wałki niesione przez siebie



Fig. 8

Wałki napływu na brzegu dolnym. Władysławowo 28.10.60
wn wałki napływu, *pl* plaża, *gs* granica spływu

Swash marks on foreshore. Władysławowo, 28th Oct. 1961
wn swash marks, *pl* beach, *gs* margin of backwash

materiału. Powstają one wówczas, gdy napływ w górnej swojej części jest silniejszy od spływu. Wałki te mogą być zbudowane z drobnego piasku (najczęściej spotykane), lub z lekkich materiałów niesionych napływem, takich jak wodorosty, patyki, skorupki itd. Wałki napływu zbudowane z piasku mają wysokość kilku milimetrów. Największe formy, jakie widziałem, o wysokości 6-10 cm i szerokości kilku metrów. utworzone były z wodorostów.

Linie wałków napływu nie przecinają się nawzajem, a dochodzą do siebie, dając w rezultacie siatkę stykających się ze sobą łuków, zwróconych wypukłością ku lądowi (fig. 8).

Wałki napływu składane na przednim stoku wału brzegowego mają małe wysokości, ale całość osadu złożonego napływem może mieć miąższość dochodzącą do kilkunastu milimetrów (pl. XL, fig. 2).

Gdy napływ sięga co pewien czas na obszar plaży suchej, wtedy momentalnie oddaje wodę i mogą się tworzyć małe, kulistego kształtu, suche „wysepki”, otoczone wyższą od siebie powierzchnią złożonego raptownie osadu (pl. XLI, fig. 1).

Wałki napływu tworzą się na brzegach o niewielkich kątach nachylenia i przy nabiegu fal zbliżonym do prostopadłego.

Wałki spływu

Gdy silny spływ działa na dużej przestrzeni brzegu dolnego, pokrytego drobnym materiałem, i gdy kąt nachylenia wynosi na długim odcinku około 10° , wówczas mogą utworzyć się wałki o wysokości do 5 cm i rozstępie około 20 cm, ułożone w kształcie szeroko rozwartej litery V, skierowanej wierzchołkiem ku morzu. Wierzchołek znajduje się w centralnej partii spływu (koncentracja spływu). Grzbiety tych form są zaokrąglone, a stromość największa przy wierzchołku V. Są to formy bardzo nietrwałe (pl. XLI, fig. 2). Podobne formy opisał W. O. Thompson (1937) jako *backwash marks*; van Straaten (1953a) zaliczył je do pręg wstecznych. Ja jednak nie widziałem wstecznego ruchu opisanych przeze mnie form.

Jeśli na drodze spływu znajdują się jakieś przeszkody rozrzucone mniej więcej równomiernie na brzegu, a spływ niesie z wyższych partii ilość materiału bliską krańca jego możliwości transportowych, następuje zrzuconie wałków materiału za przeszkodą. Wałki te krzyżując się między sobą, dają w rezultacie efekt bardzo podobny do zmarszczek rombów, od których różnią się obecnością kamyków w narożach mniej prawidłowo rozwiniętych rombów.

*Bruzdki ściekowe (rill marks, Rieselmarken, rigoles de plage, stryj-
catyje żelobki)*

Są to bruzdki, zazwyczaj ostro zarysowane, o przebiegu prostopadłym do linii brzegowej. Według R. Shrocka (1948) można wśród nich wydzielić kilka typów.

*Bruzdki rozgałęziające się, skierowane rozgałęzieniem ku mó-
rzu.* — Powstawały one zazwyczaj po silnym deszczu, gdy na plażę
wypływały małe potoczki. Grubość bruzdki wynosiła od kilku mili-
metrów do kilku centymetrów, a długości dochodziły nawet do kilku-
nastu metrów.

*Bruzdki rozgałęziające się, skierowane rozgałęzieniem ku ląd-
owi.* — Powstają w wyniku działania silnego spływu, który nie odbywa
się na całej powierzchni brzegu. Częste są w małych piaszczystych za-
toczkach z brzegiem dolnym nachylonym pod kątem około 20° .

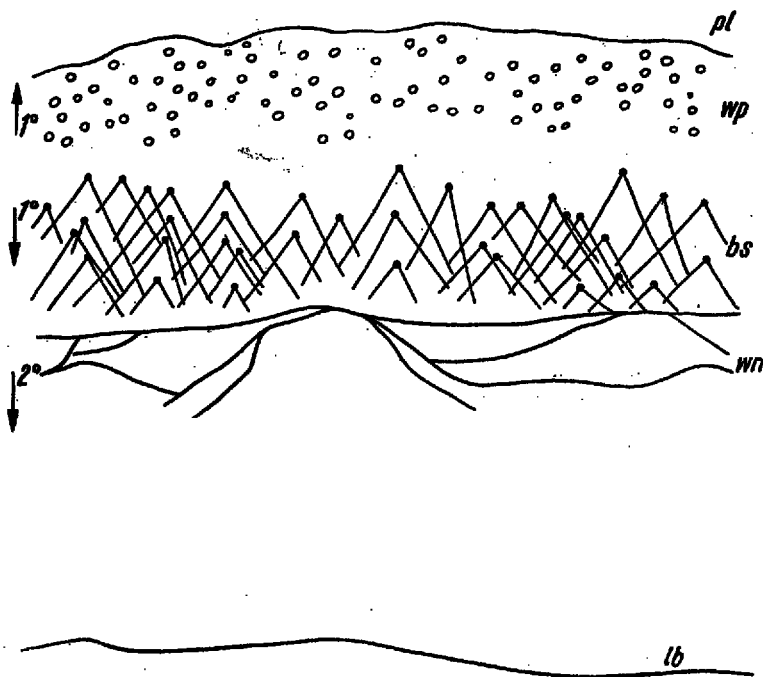


Fig. 9

Położenie mikroform brzegowych na odcinku brzegu w okolicy Dziwnówek,
sierpień 1961

lb linia brzegowa, wn wałki napływu, bs bruzdki ściekowe, wp wzgórki plażowe,
pl plaża

Position of shore microforms in a sector of the shore near Dziwnówek, August, 1961

lb shore line, wn swash marks, bs rill marks, wp beach mounds, pl beach

Przy bardziej łagodnych nachyleniach bruzdki wydłużały się, były bardziej ostro zarysowane, a długość ich dochodziła do kilku metrów. Na końcu sypane były małe delty.

Bruzdki powstałe z omywania przeszkód. — Zależnie od kąta nachylenia plaży i od ilości wody wracającej ze spływem, tworzyć się będą bruzdki o różnym zarysie. Przy kącie nachylenia plaży około 10° i więcej, wracająca ze spływem woda omijając przeszkodę wymywa za nią pojedynczą bruzdkę. Jeśli jednak plaża ma mniejszy kąt nachylenia i gdy spływ zawiera dużo wody a mało osadu, wówczas mogą się utworzyć bruzdki w postaci dwóch kanalików rozchodzących się od przeszkody na boki. Tego rodzaju bruzdki ściekowe miały zazwyczaj

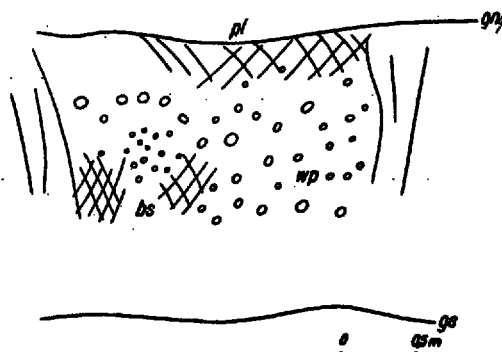


Fig. 10

Wzgórki i bruzdki ściekowe na brzegu dolnym w Dziwnowie, 20.08.61
 pl plaża, bs bruzdki ściekowe, wp wzgórki plażowe, gs granica spływu, gn gran.
 napływu

Beach mounds and rill marks on the foreshore at Dziwnów, 20th Aug. 1961
 pl beach, bs rill marks, wp beach mounds, gs margin of backwash, gn margin
 of swash

długość od kilkudziesięciu centymetrów do dwóch metrów. Długie bruzdki przecinały się nawzajem, dając efekt rombowy. Po utrwaleniu rozróżnić je można od podobnych wałków napływu jedynie w pobliżu rozdzielającej je przeszkody (fig. 9 i 10).

Zagłębienia i wzgórki (pits and mounds)

Wśród zagłębień i wzgórków zbliżonych do śladów kropel deszczu można wydzielić za W. H. Twenhofelem (1921) następujące typy (oprócz form organicznych).

Formy powstałe przez uderzenie powierzchni osadu. — Będą to ślady kropel deszczu, gradu, bryzgów itp. Obserwowałem jedynie ślady kropel deszczu.

Oprócz form normalnych kilkakrotnie zauważyłem odmienne.

Przy krótkotrwałym opadzie o małym zagęszczeniu kropel, utworzyły się nie zagłębienia, lecz małe wzgórki o kulistym zarysie, powstające na suchej powierzchni plaży. Po skończonym opadzie działalność wiatru, wywiewająca suchy piasek spomiędzy nich, podkreśliła jeszcze ich wygląd. Tak więc zdarzają się, choć bardzo rzadko, ślady kropel deszczu wypukłe, a nie wklęsłe. Są to formy krótkotrwałe. Te i normalne ślady kropel deszczu tworzyły się na plaży brzegu górnego.

Formy wytworzone przez bąble powietrza, przedzierające się poprzez osad i pękające na powierzchni. — Twenhofel wyróżnia tu ślady bąbli powietrza wyciskanego z podłoża (typ 7), ślady bąbli powstałe przy okresowym przykrywaniu i odkrywaniu wodą osadu (typ 8) oraz ślady bąbli tworzących się w osadzie składanym masowo i szybko (typ 9).

Przeprowadzając obserwacje terenowe stosowałem terminologię nie genetyczną, jak powyżej, a opisową, morfologiczną zbliżoną do terminologii Shrocka. Ogólnie formy te można podzielić na formy wklęsłe (zagłębienia) i formy wypukłe (wzgórki).

Formy wklęsłe (zagłębienia). — Dziurki powstają wtedy, gdy napływ niesie dużą ilość materiału przemieszanego z wodą i z powietrzem i gdy spływ nie jest w stanie zabrać większości materiału z powrotem. W takich warunkach, na krańcach zasięgu napływu poczynają się wydobywać na powierzchnię i tam pękać bąble powietrza dotychczas uwięzione w osadzie. W wyniku pękania bąbli powstają w osadzie dziurki. Zależnie od tego, czy bąble pękały na powierzchni osadu jeszcze podczas pokrycia wodą, czy już po jej ustąpieniu, powstaną dziurki różniące się między sobą.

Dziurki utworzone podczas przykrycia wodą powierzchni osadu otoczone są kołnierzykiem, powstałym z odrzuconego materiału w chwili pęknięcia bąbla powietrza. Nazywam je *dziurkami kraterowymi*. Dziurki kraterowe mają średnice od 0,5 mm do 5 cm i kulisty kształt. Głębokość, liczona od powierzchni osadu, wynosi zwykle kilkanaście milimetrów, ale spotykałem też dziurki kraterowe o głębokości 4,5 cm. Wysokość kołnierzyka wynosi zwykle kilka milimetrów.

Ślady po bąblach pękających na powierzchni osadu nie przykrytego wodą nazywam *dziurkami zwykłymi*. Rozmiary ich są zbliżone do dziurek kraterowych. Dziurki zwykle mają brzegi ostro zarysowane, są bez kołnierzyka i posiadają bardziej regularne zarysy niż dziurki kraterowe. Na jednym obszarze występowanie dziurek można zauważyć duże zróżnicowanie wielkości poszczególnych dziurek, utworzonych podczas jednego napływu (pl. XLII, fig. 1).

Widoczne w przekroju, w podcięciu plaży, dziurki zwykłe i kraterowe są nie do odróżnienia. Kształty ich są na ogół spłaszczone, choć trafiają się też formy wydłużone, pionowo zorientowane, gdy nastąpi

połączenie dziurek leżących kolejno nad sobą. W okolicy Ustronia Morskiego obserwowałem w podcięciu plaży brzegu górnego warstwę o miąższości 0,8 m, obfitującą w dziurki (pl. XLII, fig. 2).

Dziurki zwykłe i dziurki kraterowe stanowią odpowiednik typu 8 Twenhofela (ślady bąbli powstałych przy okresowym odkrywaniu i przykrywaniu wodą powierzchni osadu).

Dziurki obu rodzajów zajmują duże przestrzenie (pasami po kilkanaście metrów kwadratowych), będąc bardzo charakterystyczną formą wyższej części brzegu dolnego.

Inną, rzadziej spotykaną formę zagłębień stanowią *dołki* (pl. XLIII, fig. 1). Rozmiary ich są większe niż dziurek — maksymalna średnica wynosi 10 cm, a wysokość 5 cm (liczona od powierzchni osadu). Mogą być otoczone wałkiem (kołnierzykiem) o wysokości do 1 cm. Zbudowane są zwykle z materiału drobniejszego niż otoczenie i powierzchnia, na której się tworzą. Dno zagłębienia jest płaskie lub prawie płaskie. Występują również w obrębie brzegu dolnego wyższego. W miejscach, gdzie tworzą się dołki, dziurki są rzadziej niż normalnie rozmieszczone. Dołki są większe od dziurek, występują w mniejszej ilości i mają zawsze odcinek płaskiego lub prawie płaskiego dna. Dołki powstają przy szybkim osadzaniu się dużej ilości materiału (typ 9 Twenhofela).

Formy wypukłe (wzgórki). — Są to ślady bąbli, które nie zdołały

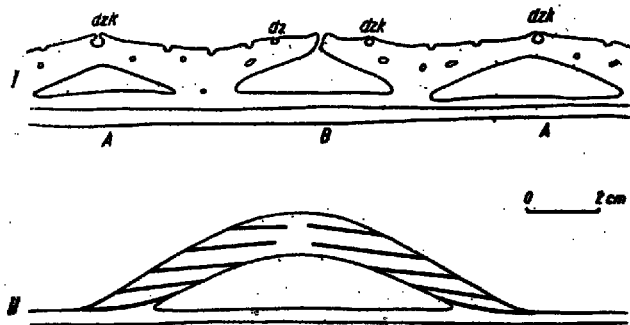


Fig. 11

Budowa zagłębień i wzgórków na podstawie obserwacji w Dziwnowie i Białogórze, sierpień i wrzesień 1961

I przekrój poprzeczny przez kilka wzgórków: A wzgórk zamknięte, B wzgórek otwarty, dz dziurki zwykłe, dzk dziurki kraterowe. II pojedynczy wzgórek plażowy z budową podkreślona obecnością warstewek piasku wzbogaconego w ciemne minerały ciężkie

Formation of pits and mounds as observed at Dziwnów and Białogóra, August and September, 1961

I cross-section of several mounds: A closed-up-mounds, B open mound, dz common pits, dzk crater pits. II single beach mound characterized by layers of sand enriched in dark heavy minerals

Tabela (Chart) 3

Mikroformy nieorganiczne, charakterystyczne dla poszczególnych części strefy brzegowej
 Anorganic microforms characteristic of the particular parts of the shore-zone

Mikroformy Części strefy brzegowej	Formy rytmiczne	Formy nierytmiczne
przybrzeże (offshore)	rewy (lows and balls) zmarszczki falowe asymetryczne (asymmetric wave ripples) zmarszczki interferencyjne (interference wave ripple marks) zwykłe zmarszczki prądowe (ordinary current ripples)	
górną część (upper part)	zmarszczki przekątne (diagonal ripples)	
brzeg dolny niższy (lower foreshore)	zmarszczki romboidalne (rhomboid megaripples)	wałki spływu (backwash marks) bruzdki ściekowe (rill marks) wałki napływu (swash marks)
brzeg dolny wyższy łącznie z laguną plażową (upper foreshore with a beach lagoon)	zwykłe zmarszczki prądowe (ordinary current ripples) zmarszczki wsteczne (regressive sand waves) zmarszczki językowe (linguoid megaripples)	wałki napływu (swash marks) bruzdki ściekowe (rill marks) zagłębienia i wzniesienia (pits and mounds)
brzeg górny (backshore)	zmarszczki eoliczne (eolian ripples)	ślady kropel deszczu (rain drops) bruzdki ściekowe (rill marks)

pęknięć na powierzchni, a na tyle silnych, by podnieść osad ku górze w formie wzniesienia. Formy, które nie posiadają połączenia z powierzchnią osadu, nazywam *wzniesieniami zamkniętymi*. Te zaś, które mają w szczytowej partii wzniesienia otworek łączący pustą, wewnętrzną część

wzgórka z powierzchnią, nazywam *wzgórkami otwartymi*. Wymiary wzgórków zamkniętych i otwartych nie różnią się między sobą. Przeciętne rozmiary średnic wynoszą kilka centymetrów (maks. 10-15 cm), a maksymalne wysokości wzgórków wynosiły 5-7 cm. Wzgórki wyglądają jak półkule postawione na płaskiej podstawie (pl. XLIII, fig. 2).

Wewnętrzną budowę wzgórków podkreślają często smugi ciemnych minerałów (pl. XLIV), tworzące warstewki wyraźnie podgięte ku górze na skrzydłach wzgórków (fig. 11). Warstewki w podłożu wzgórków nie są zaburzone. Wzgórki zbudowane są z materiału drobniejszego niż podłoże, na którym występują. Prawdopodobnie główną rolę w formowaniu tych form odgrywa wyciskanie powietrza z podłoża. Często zdarza się, że wzgórki powstają przy zalaniu suchego odcinka brzegu. Byłyby to zatem formy zbliżone genetycznie do typu 7 Twenhofela.

Wzgórki występują na krańcach zasięgu napływu, niosącego dużą ilość materiału piaszczystego składanego na brzegu o kącie nachylenia do trzech stopni. W literaturze nie spotkałem opisu form tego rodzaju. Typ 7 Twenhofela obejmuje dołki wypełniane później osadem. Bardzo ciekawa jest względna długotrwałość wzgórków, trwały one bowiem nawet kilka godzin. Obserwowałem wzgórki zamknięte, o pustej przestrzeni wynoszącej 5-8 cm. Gdy poziom morza uległ obniżeniu i wzgórki przestały być zwilżane, wówczas zapadały się one dając formę wklęsłą o małej wysokości, różniącą się od otoczenia składem petrograficznym i wewnętrzną budową. Warstwowanie podkreśla zarys zagłębienia, gdyż zapadanie się wzgórka nie odbywa się raptownie i warstewki nie są poprzerywane, a łagodnie wgięte ku dołowi. Utworzone już wzgórki bywają potem obmywane przez kolejne mniejsze napływy i obsypywane materiałem. Jeśli napływ będzie silniejszy, może dojść do ścięcia utworzonych poprzednio wzgórków. Wówczas po opadnięciu poziomu morza i zmniejszeniu zasięgu napływu zachowują się koncentryczne kręgi, świetnie widoczne zwłaszcza wówczas, gdy wzgórki zbudowane były z piasków wzbogaconych w minerały ciężkie. Wzgórki i dołki nie występują pojedynczo, lecz tworzą całe pola o rozmiarach do kilkunastu metrów kwadratowych. Są to formy dość powszechne na brzegu dolnym południowego Bałtyku.

Mikroformy strefy brzegowej są szybko zmienne i zależą w wybitnym stopniu od miejsca ich powstawania i warunków tam panujących. Nie wszystkie formy charakterystyczne dla danej strefy mogą się tworzyć w warunkach określonych na figurach 1 i 2. Zestawienie mikroform występujących w poszczególnych partiach strefy brzegowej jest podane na tabeli 3.

LITERATURA CYTOWANA

- Badania Klifu Rozewskiego. 1959. Praca wewnętrzna Instytutu Morskiego. Gdańsk.
- DOBROWOLSKI A. B. 1923. Historia Naturalna Lodu. Warszawa.
- DŻUŁYŃSKI S. 1949. Sposzczenia nad utworami litoralnymi jury brunatnej na południe od Krzeszowic (Littoral deposits of the Middle Jurassic South of Krzeszowice). — Roczn. P. T. Geol. (Ann. Soc. Géol. Pol.), t. XIX. Kraków.
- DŻUŁYŃSKI S. & ŻAK C. 1960. Środowisko sedimentacyjne płaskowców kambryjskich z Wiśniówki i ich stosunek do facji flyschowej (Sedimentary environment of the Cambrian quartzites in the Holy Cross Mts., Central Poland and their relationship to the Flysch facies). — Ibidem, t. XXX, z. 2.
- EVANS O. F. 1942. The origin of spits, bars and related structures. — J. Geol., vol. 50. Chicago.
- ISTOŠIN V. 1958. Okeanografija. Leningrad.
- JOHNSON D. W. 1919. Shore process and shoreline development. London.
- KLENOVA M. V. 1948. Geologija Morja. Moskwa.
- KSIĄŻKIEWICZ M. 1959. Geologia Dynamiczna. Wyd. II. Warszawa.
- LEONTIEV O. K. 1955. Geomorfologija morskich beregov. Moskwa.
- 1956. O terminologii v učenii o morskich beregach. — Trudy Okeanografičeskoj Komisji, t. I. Moskwa.
- NALIVKIN D. V. 1956. Učenie o facjach. Moskwa.
- PAZDRO Z. 1950. Brzeg i jego pochodne. — Technika Morza i Wybrzeża, r. V, z. IV.
- PEPPER J., de WITT W. & DEMAREST D. 1954. Geology of the Bedford shale and Berea sandstone in the Appalachian Basin. — Geol. Surv. Profess. Paper, 259. Washington.
- PIASECKI D. 1950. Wstęp do badań procesów brzegowych. — Wiadomości Służby Hydro- i Meteorologicznej, t. IV, z. 5.
- 1956. Próba dynamicznej klasyfikacji Wybrzeży. — Zesz. Nauk. PG, nr 6, z. 1.
- RADWAŃSKI A. 1959. Struktury litoralne w liasie w Dolince Smytniej (Littoral structures (cliff, clastic dikes and veins, and borings of Potamilla) in the high-tatric Lias). — Acta Geol. Pol., vol. IX/2. Warszawa.
- RADWAŃSKI A. & RONIEWICZ P. 1960. Struktury na powierzchniach warstw w górnym kambrze Wielkiej Wiśniówki pod Kielcami (Ripple marks and other sedimentary structures of the Upper Cambrian at Wielka Wiśniówka, Holy Cross Mts.). — Ibidem, vol. X/3.
- RONIEWICZ P. 1959. Zmarszczki i grębi jako wskaźnik środowiska sedimentacji. — Kosmos, ser. B, t. V, z. 3. Warszawa.
- SHEPARD F. 1948. Submarine Geology. New York.
- SHROCK R. 1948. Sequence in Layered Rocks. New York-Toronto-London.
- STRAATEN L. M. J. U. van. 1953a. Megaripples in the Dutch Wadden Sea and the basin of Arcachon (France). — Geol. en Mijnbouw, vol. 15, no. 1. Gravenhage.
- 1953b. Rhythmic patterns on the Dutch North Sea beaches. — Ibidem, vol. 15, no. 2.
- SUMIŃSKI W. 1950. Wiedza Żeglarska. Warszawa.
- SULJAK B. A. 1958. K voprosu o dinamike pesčianych mikroform v beregovej zone moria. — Trudy Inst. Okeanologii, t. XXVIII. Moskwa.
- THOMPSON W. O. 1937. Original structures of beaches, bars and dunes. — Bull. Geol. Soc. Amer., vol. 48. Washington.

- TUBIELEWICZ W. 1960. Zjawiska brzegowe na Półwyspie Helskim. W: Referaty Naukowe XXXI Zjazdu Pol. Tow. Geol. w Gdańsku, 6-8 czerwca 1958 (Phénomènes du changement de l'appareil littoral de la péninsule de Hel. In: Communications de la XXXI Session Scientifique de la Société Géologique de Pologne à Gdańsk, 6-8 juin 1958). — Roczn. P. T. Geol. (Ann. Soc. Géol. Pol.), t. XXIX, z. 4. Kraków.
- TWENHOFEL W. H. 1921. Impressions made by bubbles, rain-drops, and other agencies. — Bull. Geol. Soc. Amer., vol. 32. New York.
- VALENTIN H. 1952. Die Küsten der Erde. Według recenzji — J. Kobendzina. — Czas. Geogr., t. XXXI, z. 2.
- WIĘCKOWSKI R. 1961. Proces powstawania i rozwoju zmarszczek eolicznych (Formation and development of wind ripple marks). — Prace o Plejstoceenie Polski Środkowej. Warszawa.
- ZAGRODZKI K. 1956. Oceanografia dla marynarzy. Warszawa.
- ZENKOVIČ V. P. 1946. Dinamika i morfologija morskich beregov. Moskva.

Słowniki

- Anglo-Russkij Morskoj Słovar. 1951. Moskva.
- Anglo-Russkij Okeanografičeskij Słovar. 1957. Moskva.
- BERNATT S. 1935. Słowniczek Morski. Toruń.
- Geological Nomenclature. 1959. Gorinchen.
- Niemiecko-Russkij Okeanografičeskij Słovar. 1957. Moskva.
- Słownik Morski. Polsko-angielsko-niemiecko-rosyjsko-francuski. 1936. Z. 5. Warszawa.
- ŚLASKI B. 1911. Słownictwo rybackie i żeglarskie u Kaszubów nadmorskich. Warszawa.
- 1922. Polski słownik marynarski. Poznań.

C. РУДОВСКИ

МИКРОФОРМЫ БЕРЕГОВОЙ ЗОНЫ ПОЛЬСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ

(Резюме)

Автор обсуждает польскую терминологию явлений и процессов, происходящих в береговой зоне польского побережья Балтийского моря. Так как на описываемой территории нет приливов и отливов, поэтому заграничные линии, разделяющие береговую зону на две части, приняты линии наката и отката, а не черты приливного и отливного уровней (фиг. 1, 2, 3, таб. 1).

Небольшие аккумулятивные формы описаны с прибавлением „пляжевые”, напр. пляжевые косы, а также и пляжевые лагуны (пл. XXXVII, фиг. 1, 2).

Более подробно обсуждаются неорганические микроформы, — ритмические и неритмические образующиеся в этой зоне.

В прибрежной зоне наблюдались асимметрические волновые знаки ряби, симметричные, обыкновенные знаки ряби течений (фиг. 4), диагональные знаки ряби (фиг. 5). На нижней части берега описаны ромбоидальные знаки ряби и знаки ряби пляжевых лагун (фиг. 6, пл. XXXVIII, фиг. 1) — языковидные знаки ряби, знаки ряби течений и регрессивные (фиг. 7). Знаки ряби вместе с лагуной часто засыпались движущимся барьером (пл. XXXVIII, фиг. 2, пл. XXXIX, фиг. 1). На верхней части берега наблюдаются типичные золотые знаки ряби (пл. XXXIX, фиг. 2) и знаки ряби, образующиеся в тени гальки, лежащей на пляже и предохраняющей ее пред развеванием (пл. XL фиг. 1). В табели 2 дано сопоставление ритмических форм.

Неритмические микроформы наблюдались на нижнем берегу. Это были—знаки впресса (пл. XL, 1, пл. XLI, фиг. 1; фиг. 8), знаки отката (пл. XLI, фиг. 2) струйчатые желобки (фиг. 9, 1 d) и следы от пузырьков газа (пл. XLII, XLIII, фиг. 9, 10,11).

S. RUDOWSKI

MICROFORMS OF THE BALTIC SHORE ZONE IN POLAND

(Summary)

ABSTRACT: In the order here mentioned the following problems connected with microforms of the Baltic shore zone in Poland are discussed by the writer. Terminology of the phenomena and processes encountered there. The occurrence of inorganic microforms. Features characterising the occurrence of rhythmic (ripple marks) and unrhythmic microforms (swash marks, backwash marks, rill marks, pits and mounds). Forms characteristic of the particular parts of the shore zone are given.

INTRODUCTION AND TERMINOLOGY

Practically speaking there are no tides along the greater part of the Baltic shore line. The tidal range in the area considered does not exceed 2 cm.

Wide shallow water is a characteristic feature of the south Baltic shore. The initial depth margin at which waves can break here occurs at 10 m. The 10 m. isobath runs approximately 1 km. from the shore line. Lows and balls (commonly 3-4) occur on the shallow water.

For the division of the shore zone the writer has accepted other criteria than those used in the case of seas with distinct tides. Instead

of the high and low tide lines the margins of the swash and of the backwash are recognised as the boundary lines in the subdivision of the shore zone. Thus the coast line separating the coast from the shore is represented by microstructures discernible at the moment of observation and which are due to the action of the storm swash. This line may for instance be represented by a wave-cut notch in the shore line or by the farthest margin of the transport of swash material. The backwash margin at the moment of observation indicates the shore line which delimits the shore from the offshore. The water line is indicated, according to the common use, by the line of intersection of the actually mean sea level with the beach plane. The shore lies between the shore line and the coast line. The shore is subdivided into the foreshore stretching between the shore line and the swash margin, and into the backshore which extends from the swash margin to the coast line. The lower foreshore is separated from the upper foreshore by the water line. The seaward offshore margin is represented by the outermost low, since it is there that first can break the waves flowing in from the open sea.

The terms used by various authors to denote the particular subdivisions of the shore zone are given in chart 1. Figs. 1-3 show a diagrammatic division of the shore zone and the shore of the south Baltic in Polish territory.

Materials laid down in the shore zone through the action of shore processes are called accumulation forms. Spits, bars, bay-mouth bars are macro-shore-forms, while the corresponding micro-shore-forms are referred to as beach forms, e.g. beach spits. Likewise, small lagoons separated from the open sea by a small barrier or beach ridge are called beach lagoons (pl. XXXVII, fig. 1 and 2).

MICROFORMS OF THE SHORE ZONE

Two main groups have been differentiated among the inorganic microforms: the rhythmic group (ripples and megaripples) and the unrhythmic group (swash marks, backwash marks, rill marks, pits and mounds).

Van Straaten's (1953) classification has been used in the description of rhythmic microforms. The types of ripples and megaripples encountered by the writer are given in chart 2.

Lows and balls, along with beach cusps, are the only megaripples that have been observed. Various ripple types are described from the particular parts of the shore zone.

Asymmetric wave ripple marks are those most common and most characteristic within the offshore. Their size and regularity of

development varied greatly depending on their position, i.e. whether they occurred in the low or on the ball. Most of the ripple marks were about 15 cm. in length and 3-4 cm. in amplitude.

Symmetric wave ripple marks were observable at low water only, on the flat upper offshore. Since, however, observations of the sea bottom were made only from the water surface, it is not excluded that symmetric wave ripple marks may occur in deeper parts of the bottom which are not accessible to this method of observation.

Normal current ripple marks have been observed only on the margin between the shore and the offshore. They were formed where strong beach drift deposited a large amount of material on the bottom (fig. 4).

Diagonal ripple marks have more than once been encountered on the upper offshore (fig. 5). They were formed in result of the current that was due to the action of waves and beach drift. The current dragged sandy material on the hard bottom, frequently changing its direction of flow. The ripple marks thus formed consisted of ridges not separated by grooves.

Other types of ripple marks that have been seen on the offshore bottom are complex, interference wave ripples and complex metaripples. The latter most often consist of two generations: crests and grooves. The smaller younger forms usually occur in the grooves of the larger older forms. These forms resulted from changes in the direction of wave action connected with subsidence of the sea level.

On the foreshore the ripple marks were encountered mostly within beach lagoons (fig. 6). They were the common current ripples, linguoid or regressive. Frequently ripples within the lagoon and the lagoon itself were buried in the material of the advancing barrier. This favoured the preservation of the ripple marks, insomuch that it is usually easy to distinguish the fraction of the material which builds up the barrier and that of which the ripples are made (pl. XXXVIII, fig. 2; pl. XXXIX, fig. 1).

Rhomboid ripples situated on the seaward side of the beach were the only type of ripple marks encountered outside the lagoon. The largest occurrence areas of these rhomboid ripple marks attained about ten square metres.

Typical eolian ripples (pl. XXXIX, fig. 2) have been seen on the surface of the upper shore, along with forms consisting of ridges occurring behind pebbles that sheltered part of the beach from being blown off. These are a kind of longitudinal eolian megaripples (pl. XL, fig. 1).

Owing to the action of strong winds eolian ripples were formed

on the wet surface of the beach, too. They were steeper and shorter than the normal eolian ripples.

The unrhythmic microforms have been described from the surface of the shore, particularly the lower shore. Swash marks (fig. 8) are the microforms that resulted in the first place from the action of the swash. Most commonly they consist of fine sand and are a few millimetres in height. If a particular swash advanced beyond the dry — hence well filtrated — part of the beach it built up „islets” surrounded by a 1-2 cm. high ridge of material brought by the swash.

The swash marks were formed on the upper foreshore.

Rill marks are characteristic of the lower foreshore. Two types have been differentiated among them: rill marks formed in result of the concentration of the backwash whose branches point landward, and rill marks built behind obstacles on the beach slope. The latter may occur as single grooves, or they may branch (figs. 9-10).

The rill marks also occur on the lagoon-side of the beach ridge.

Backwash marks may be built up through the action of strong backwash over a large area of the lower foreshore. They are arranged in the shape of a wide-open V, with the apex pointed seaward. Their resistance is extremely small (pl. XLI, fig. 2).

Pits are by far the most common form. We may distinguish among them common pits, crater pits and holes. The pits are due to the expulsion of air bubbles from the sand carried by the swash. The crater pits are formed through the expulsion to the bottom surface of air bubbles while still under water. The common pits are formed after the retreat of the swash. These types seen in the notch of the beach do not differ one from the other (pl. XLII, fig. 1).

The holes are larger than the pits, and a portion of their bottom is invariably flat. Their formation resulted from the rapid deposition of a large amount of material.

Mounds are not so frequently seen as pits. They represent air bubbles that did not burst on the surface of the deposit but lifted its top side in a dome-like shape (pl. XLIII, fig. 2). Some of these sand mounds have a top opening. They are called open mounds in distinction from closed-up mounds (fig. 11). The mean dimensions of either of these two types of mounds are approximately the same: 5-7 cm. in height and 10-15 cm. in diameter.

The internal structure of the mounds is often characterised by layers of dark sand that is enriched in heavy minerals (fig. 11). After the top of the mound has been cut off, e.g. by the swash, a dark rim is discernible around the lighter mid-portion (pl. XLIV, figs. 1-2).

All these microforms are subject to rapid fluctuations and are

strongly dependent on the conditions prevailing in place of their occurrence. Hence, a characteristic assemblage of inorganic microforms may be differentiated in every given section of the shore zone. Thus, asymmetric and symmetric wave ripple marks, normal current ripple marks, diagonal ripple marks, interference wave ripples and metaripples are characteristic of the offshore. Rhomboid ripples and rill marks are seen on the lower foreshore, while lagoon ripple marks and swash marks are characteristic of the upper foreshore; eolian ripple marks and raindrop marks are common on the foreshore.

*Laboratory of Dynamic Geology
of the Warsaw University
Warszawa, June 1962*

OBJAŚNIENIA DO PLANSZ XXXVII—XLIV

DESCRIPTION OF PLATES XXXVII—XLIV

PL. XXXVII

Fig. 1

Ujście laguny plażowej. Wisłoka, luty 1960. Laguna zamrożona. Na powierzchni laguny widoczne są zamrożone drobne fale (zmarszczki) *Fot. J. Müller*

Outlet of beach lagoon. Wisłoka, February 1960. The lagoon is frozen up; on its surface are minute frozen up waves (ripples)

Fig. 2

Wał brzegowy i laguna plażowa na brzegu w Jastrzębiej Górze, sierpień 1958 *Fot. S. Rudowski*

Beach ridge and beach lagoon on the shore at Jastrzębia Góra, August 1958

PL. XXXVIII

Fig. 1

Zmarszczki w lagunie plażowej. W centralnej partii zdjęcia zmarszczki językowe, u dołu zmarszczki prądowe zwykłe, z rowkami na stokach naprądowych. Prąd płynie z prawej strony na lewo. Morze u góry. W lagunie znajduje się cienka warstewka wody *Fot. S. Rudowski*

Ripple marks in beach lagoon. Linguoid ripple marks in centre of photograph, at bottom of photograph normal current marks with rills on the stoss side. The trend of the current is from right to left. The sea is at top of photo. The lagoon is covered by very shallow water

Fig. 2

Zasypywanie laguny plażowej przez barierę plażową. Chłapowo, październik 1959. Materiał niesiony napływem składany jest w lagunie i tworzy strome zbocze bariery. W lagunie widoczne są zmarszczki fałowe, powstałe wskutek ruchu wody w lagunie, wywołanego wlewaniem się wody napływu Fot. S. Rudowski

Beach lagoon being filled up by beach barrier. Chłapowo, October 1959. The material brought by the swash is laid down in the lagoon and builds up the steep slope of the barrier. In the lagoon are seen wave ripple marks formed through the fluctuation of water within the lagoon in result of the advance of the swash

PL. XXXIX

Fig. 1

Zasypywanie laguny plażowej przez wał brzegowy, w zimie 1962. Laguna o stromych brzegach, w części środkowej, wał brzegowy po lewej Fot. J. Müller

Beach lagoon in winter being filled up by beach ridge, 1962. The lagoon with steep slopes in the middle of photograph, the beach ridge to the left

Fig. 2

Zmarszczki eoliczne na plaży brzegu górnego

Fot. S. Rudowski

Eolian ripple marks on the beach of the backshore

PL. XL

Fig. 1

Pręgi podłużne eoliczne, powstałe za chroniącymi od rozwiania kamieniami. Oświetlenie z prawej, z dołu

Fot. S. Rudowski

Longitudinal eolian megaripples sheltered by pebbles from being blown off. Right bottom light

Fig. 2

Wałki napływu na wale brzegowym. W centralnej części zdjęcia widoczne nieregularne linie wałków napływu, morze z prawej strony. Zdjęcie w początkowym momencie napływu

Fot. S. Rudowski

Swash marks on the beach ridge. Indented lines of swash marks in the centre of photograph, the sea to the right; picture taken at the starting moment of the swash

PL. XLI

Fig. 1

Wałki napływu wbiegającego na suchą część plaży. Napływ szedł z górnej prawej strony zdjęcia. Przy krańcu zasięgu napływu małe kuliste formy stanowiące nie zalane przez napływ części plaży. Otoczone są dookoła materiałem złożonym przez napływ

Fot. S. Rudowski

Marks of swash rushing up the dry part of the beach. The swash advanced from the upper right side of the photograph. At the farthest margin of the swash are small round forms representing parts of the dry beach not reached by the swash. They are rimmed by swash material

Fig. 2

Wałki spływu na plaży w Kołobrzegu. Spływ utworzył dwa wałki, ułożone w formie V, skierowanego ostrym końcem w kierunku morza *Fot. S. Rudowski*

Backwash marks on the beach at Kołobrzeg. Two V-shaped ridges, pointing seaward, have been built up by the backwash

PL. XLII

Fig. 1

Dziurki zwykle i dziurki kraterowe na powierzchni plaży *Fot. S. Rudowski*

Common and crater pits on the surface of beach

Fig. 2

Dziurki w podcięciu plaży. Miąższość warstwy z dziurkami wynosi 80 cm

Fot. S. Rudowski

Pits in the wave-cut notches of the beach. The pitted layer is 80 cm. in thickness

PL. XLIII

Fig. 1

Dołki na plaży w Białogórze. Dołki widoczne są w środkowej części zdjęcia. Oświetlenie z prawej, z dołu *Fot. S. Rudowski*

Holes on the beach at Białogóra in the centre of photograph. Right bottom light

Fig. 2

Wzgórki na plaży w Białogórze. Ciągną się po przekątnej zdjęcia, otoczone dziurkami. Oświetlenie z lewej, z góry *Fot. S. Rudowski*

Mounds on the beach at Białogóra accompanied by pits. Left top light

PL. XLIV

Fig. 1

Wzgórki zamknięte na plaży w Mielnie. Zbudowane z piasku wzbogaconego w minerały ciemne, ciężkie. Ciemny krąg z jasnym środkiem stanowi podstawę wzgórka po ścięciu jego górnej partii *Fot. S. Rudowski*

Closed-up-mounds on the beach at Mielno — consisting of sand enriched in dark, heavy minerals. Dark rim with light centre represents base of the mound after cutting off its top portion

Fig. 2

Pojedynczy wzgórek na plaży w Mielnie po ścięciu górnych partii

Fot. S. Rudowski

A single mound on the beach at Mielno with the top part cut off

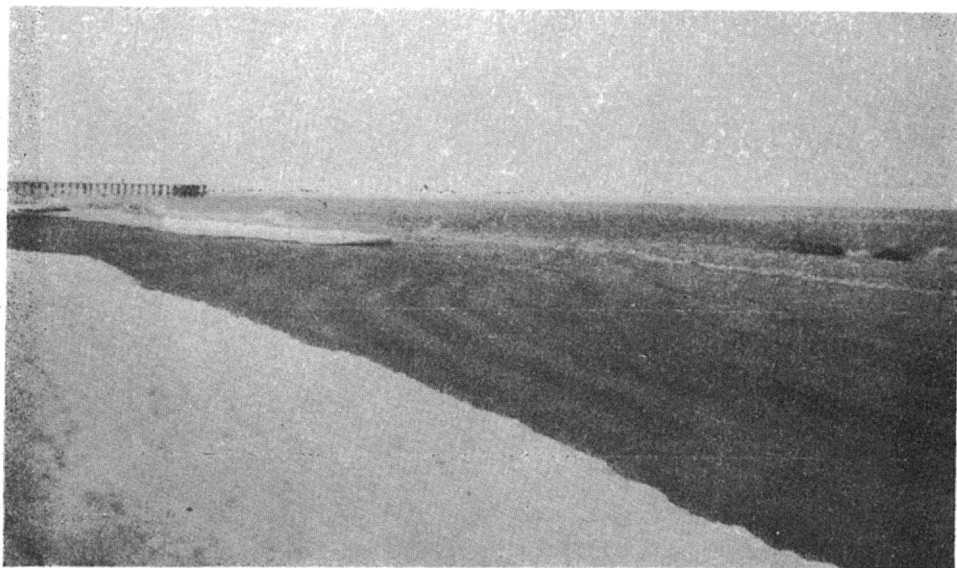


Fig. 1



Fig. 2

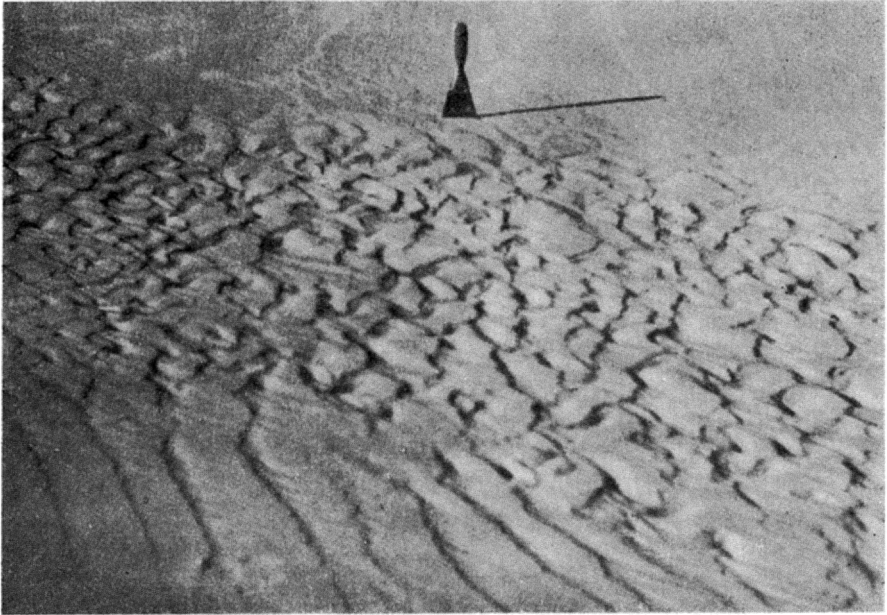


Fig. 1



Fig. 2



Fig. 1



Fig. 2



Fig. 1



Fig. 2

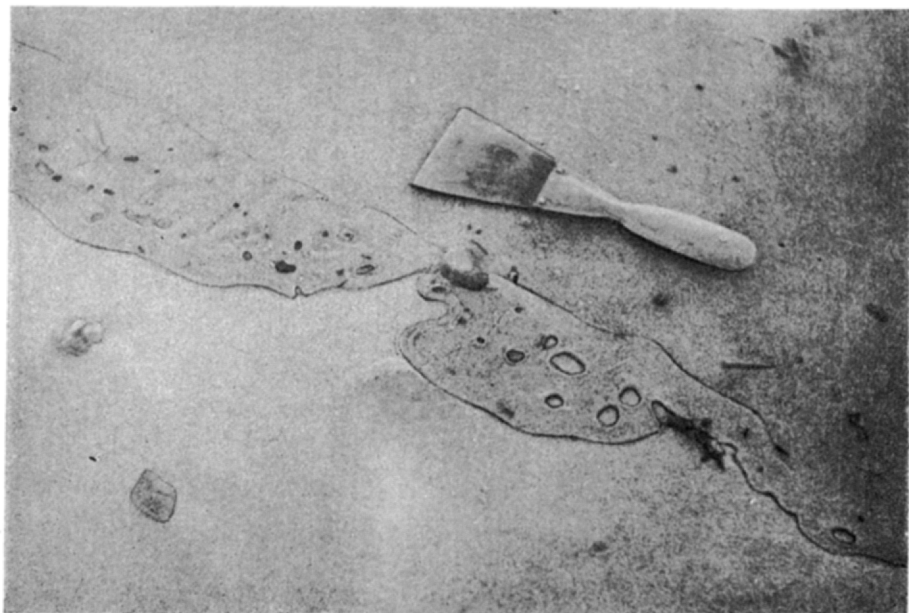


Fig. 1



Fig. 2

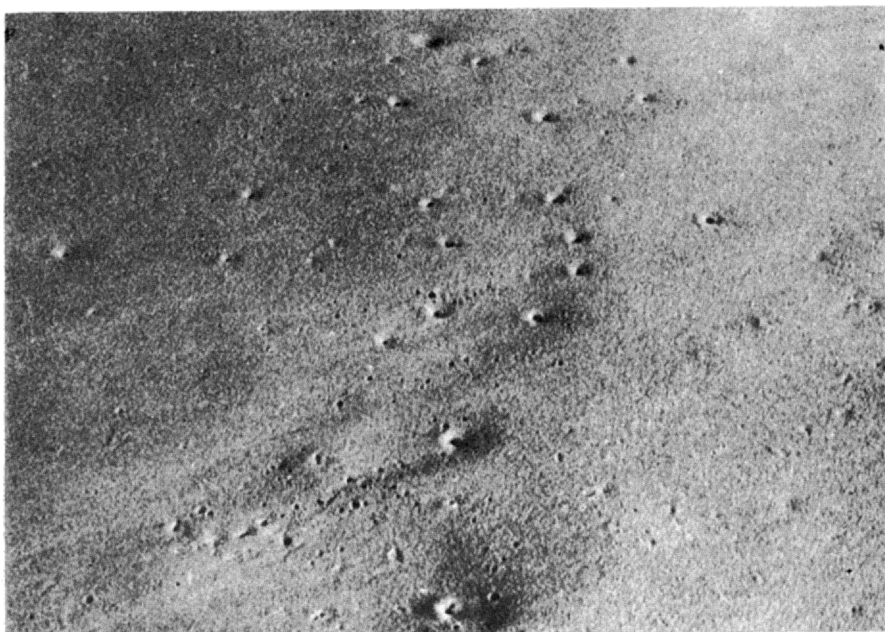


Fig. 1

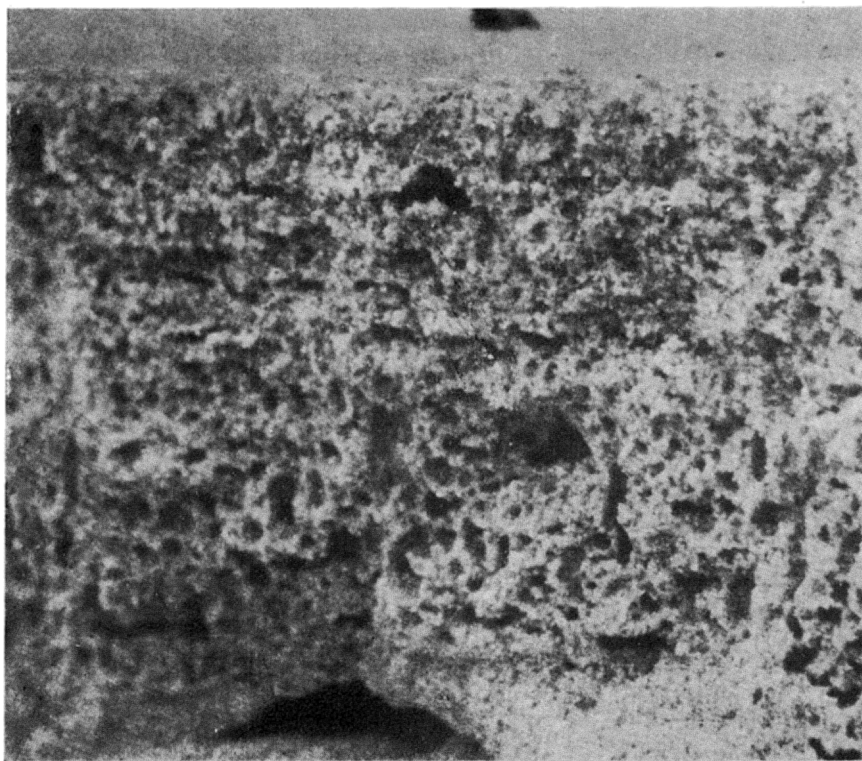


Fig. 2

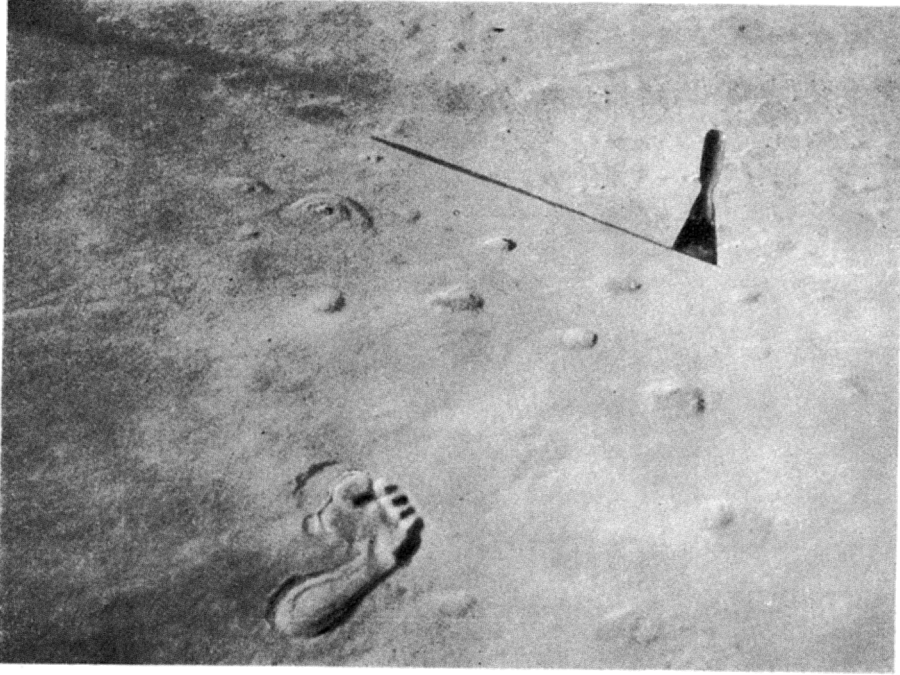


Fig. 1

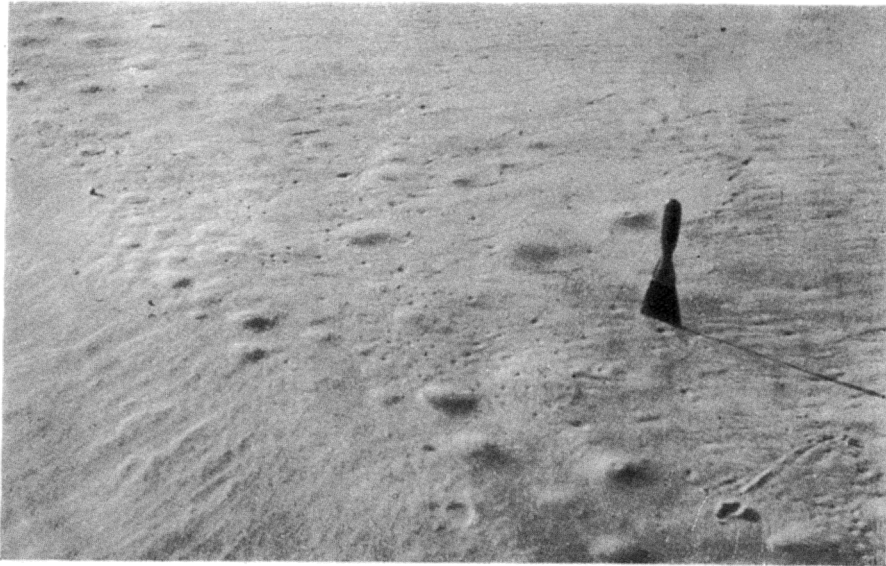


Fig. 2

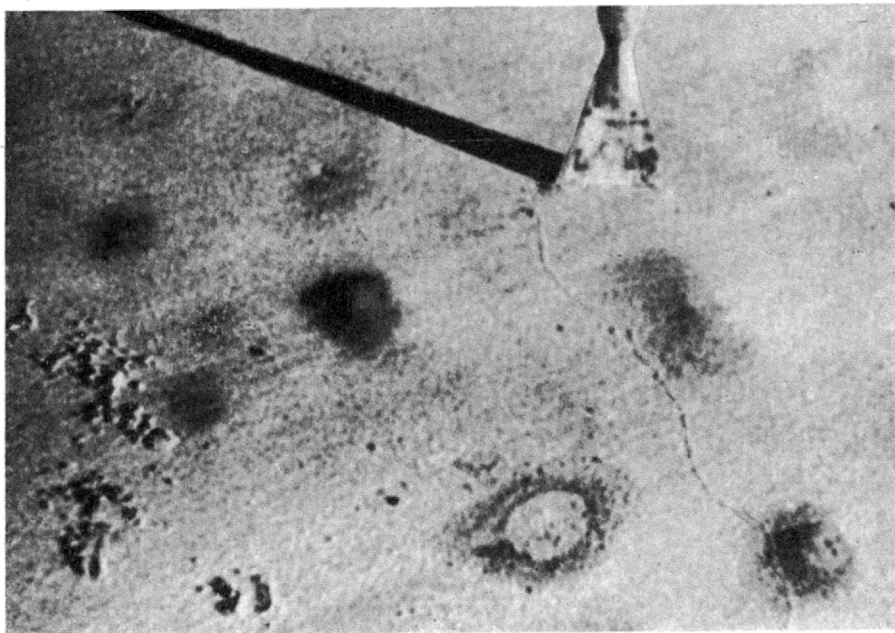


Fig. 1

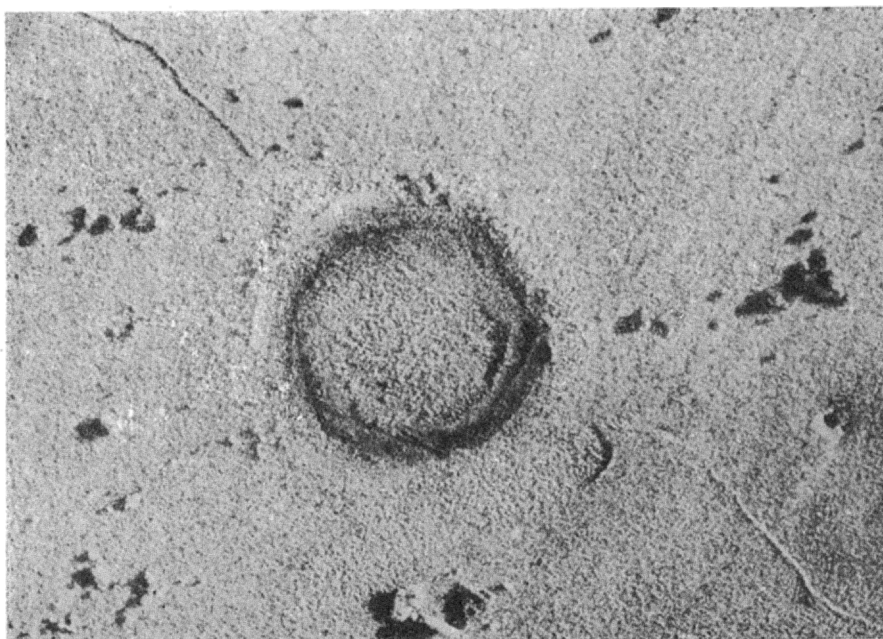


Fig. 2