

JERZY GIZEJEWSKI i STANISŁAW RUDOWSKI

Struktury związane ze zlodzeniem plaży południowego Bałtyku

ICE-FORMED STRUCTURES ON THE SOUTH BALTIC BEACHES

STRESZCZENIE: Na plażach południowego Bałtyku stwierdzono występowanie szeregu form związanych z obecnością na plaży różnych rodzajów lodu. Najważniejsze z tych form to pokrywy wytopiskowe, zagłębienia i dołki wytopiskowe, bloki przemarzniętego osadu, zaburzenia układu warstw. Formy te tworzą się tylko w okresie od jesieni do wiosny, mogą jednak ulec zachowaniu w osadach plaży także po ustaniu zlodzenia. Dla rozwoju procesów brzegowych oraz dla budowy plaży istotne znaczenie ma udział transportu osadów na krach, mieszanie rew oraz zaburzenia warstwowania. Przedstawione obserwacje oraz wynikające z nich wnioski składają się na pierwsze opracowanie struktur sedymentacyjnych związanych ze zlodzeniem plaż w strefie klimatu umiarkowanego.

WSTĘP

Struktury sedymentacyjne związane ze zlodzeniem plaży były dotychczas opisywane niemal wyłącznie z obszarów brzegów leżących w strefach klimatów zimnych (*m. in.* Nichols 1953a, b, 1961, 1968; Różycki 1957, 1961; Birkenmajer 1960; Rex 1964) oraz chłodnych (*m. in.* Dillon & Conover 1965, Dionne 1968). W wymienionych strefach klimatycznych występowanie lodu i procesy z nim związane mają znaczny wpływ na kształtowanie zasadniczych rysów rzeźby plaży.

W obrębie brzegów znajdujących się w strefie klimatu umiarkowanego, a więc i na obszarze południowego Bałtyku, sezonowe występowanie lodu stanowi czynnik podrzędny w kształtowaniu plaży. Tym niemniej obserwuje się także i tutaj większość struktur sedymentacyjnych znanych z brzegów mórz polarnych, mających istotne znaczenie dla prawidłowej analizy sedymentologicznej osadów tworzących się na plażach.

Dotyczy to zwłaszcza pokryw wytopiskowych, szeregu zaburzeń w układzie warstw oraz transportu osadów na krach.

Materiał obserwacyjny wykorzystany w niniejszej pracy został zebrany w obrębie polskiej strefy brzegowej otwartego morza podczas wielokrotnych pobytów, głównie w miesiącach luty—kwiecień, począwszy od lutego 1962 r.

W stosowaniu terminów dotyczących form związanych ze zlodzeniem autorzy w pracy tej wzorować się będą głównie na pracach R. L. Nicholsa (1953a, b, 1961, 1968). Terminologię w języku polskim podano w oparciu o prace poprzednich autorów (Dyliń 1952; Różycki 1957, 1961; Bączyk & Czeakańska 1962).

Autorzy pragną złożyć podziękowanie Prof. dr S. Z. Różyckiemu, którego inicjatywie zawdzięczają podjęcie badań, oraz Dr J. Müllerowi i Mgr J. Tobolewskiemu za udostępnienie własnych materiałów.

WYSTĘPOWANIE LODU I JEGO RODZAJE NA PŁAZACH POŁUDNIOWEGO BAŁTYKU

Czas występowania lodu w różnych postaciach na powierzchni wody w strefie brzegowej południowego Bałtyku wynosi od 4 do 74 dni w roku (Bączyk & Czeakańska 1962). Uzależnione jest to od czynników klimatycznych i warunków falowania, a w pewnym stopniu także od warunków lokalnych (konfiguracja linii brzegowej, szerokość oraz głębokość przybrzeża itp.). W obrębie plaż lód występuje w dłuższych okresach czasu niż lód na powierzchni wody, utrzymując się zwykle od 2 do 3 miesięcy w roku.

Najpowszechniejszy jest lód *gruntowy* (por. Dyliń 1952), tworzący się z przemarznięcia powierzchniowych warstw plaży, przepojonych wodami napływów lub wodami opadowymi. Grubość przemarzniętych osadów nie przekracza kilkunastu centymetrów, maksymalnie obserwowano 30 cm.

Lód brzegowy (ang. *shore-ice*) osiąga w czasie srogich zim grubość do 0,8—1,0 m i ciągnie się w morze na odległość do 150 m od brzegu. W obrębie lodu brzegowego występuje wówczas kilka stóp lodu (*ice-feet*), ograniczonych skarpami o wysokości 1—1,5 m. Utworzeniu lodu brzegowego sprzyja także występowanie na dnie przybrzeża kilku rew. Często obserwuje się powstawanie lodu na szczytowych partiach rew (pl. 2, fig. 1), między którymi pozostają obszary głębszej wody, ewentualnie zamarzającej w późniejszym etapie. Podczas zim łagodnych lód brzegowy zajmuje znacznie mniejsze powierzchnie (pl. 1, fig. 1—2), lub ogranicza się tylko do wąskiej listwy przy linii brzegowej.

Na powierzchni plaży występuje także lód *taflowy* (por. Różycki 1957), powstający z zamarzania wód lagun plażowych. Poszczególne tafle mają długość nawet do 50 m, szerokość do 10 m i grubość maksymalnie do 1,0 m.

Na plaży często obserwuje się kry wyrzucone przez fale. Najczęściej są one niewielkie, poniżej 1 metra. Kry o większych wymiarach wkraczą na plażę wraz

z dryfującymi polami lodowymi, tworząc wtedy duże spiętrzenia i osiadłe zwwały kier (*grounded hummock*) o wysokości osiagającej wyjątkowo nawet 4—5 m.

Lody, a także nagromadzenia śniegu, pokrywane są przez osady potoku przyboju, częściowo również przez materiał osuwiskowy czy nawiany przez wiatr. Powstały w ten sposób tzw. *lód pogrzebany* może przetrwać w obrębie brzegu górnego nawet do czerwca. W czasie łagodnych zim lód pogrzebany występuje sporadycznie, zajmuje małe powierzchnie i szybko zanika. Znaczne ilości lodu pogrzebanego występują u schyłku zim bardzo mroźnych, zwłaszcza jeśli nie było silnych sztormów. Duże masy lodu pogrzebanego związane są ze zwałami kier lub z lodem taflowym. Na plaży w Jastarni, jeszcze w końcu maja 1968 roku obserwowano soczewy lodu o długości do 10 m i grubości do 30 cm, przykryte przez piaski plaży o miąższości około 1 m. Soczewy rozciągały się wzdłuż plaży na odcinku brzegu około 4 km długości, przerwy między soczewami lodu pogrzebanego nie przekraczały kilku metrów.

Wytapianie się lodów pogrzebanych powoduje powstanie szeregu zagłębień i dołków wytopiskowych, szczelin oraz zaburzeń spływowych. Plaża o takim charakterze, zwłaszcza w początkowym okresie wytapiania się lodu, ma wygląd identyczny z wyróżnianą na obszarach polarnych tzw. *beach resting on ice* (Nichols 1961, 1968).

Dla okresu zlodzenia na rozważanym obszarze charakterystyczne jest częste występowanie dobowych wahań temperatury z przejściem przez 0° C (wg Milaty, 1949, ilość dni z przymrozkami wynosi tutaj do 100 w ciągu roku) oraz powtarzające się, nieraz wielokrotnie, krótkotrwałe występowanie temperatur dodatnich.

POKRYWY WYTOPISKOWE

Wskutek topnienia lodu spoczywającego na plaży, powstają pokrywy, zazwyczaj różniące się morfologią, budową i litologią od osadów otaczających, a określane dalej jako pokrywy wytopiskowe (fig. 1). Ich wymiary i charakter uzależnione są od rodzaju wytapiającego się lodu.

Najczęściej spotyka się małe pokrywy wytopiskowe o miąższości kilkunastu centymetrów, pochodzące z topnienia lodu gruntowego piaszczystej plaży. Nierównomierne tempo powierzchniowego topnienia lodu powoduje powstawanie licznych, drobnych dołków wytopiskowych. Po całkowitym stopnieniu lodu pozostaje na plaży cienka, do 20 cm miąższości, silnie porowata warstwa, złożona z beładnie ułożonych piasków o zatartym pierwotnym warstwowaniu. Zachowują się także niewielkie bloki przemierzniętego osadu (*ice-cemented blocks*, Nichols 1961), kilkunastocentymetrowych rozmiarów, ostrokrawędziste, przemieszczone względem swego pierwotnego położenia, z częściowo zachowanym warstwowaniem. Pokrywy tego rodzaju są bardzo nietrwałe, ulegają zniszczeniu nie tylko przez potok przyboju i opady, ale i przez wiatr.

Znacznie większe są pokrywy wytopiskowe związane z występowaniem zwałów kier. W początkowym okresie rozwoju zaznaczają się one w rzeźbie plaży, wznosząc się nawet do paru metrów ponad jej poziom. Powierzchnia ich ma charakter tzw. *pitted beaches* (Nichols 1961), z licznymi, różnej wielkości i kształtów zagłębieniami wytopiskowymi, ograniczonymi wałami wytopionego (*ice-deposited ridges*,

Nichols 1961) i spiętrzonego osadu (*ice-pushed ridges*, Nichols 1961). Wysokości względne w obrębie takich pokryw wytopiskowych nie przekraczają zazwyczaj 50 cm, osiągając wyjątkowo ok. 2 m. Zbudowane są z bezładnie złożonych, nie wykazujących selekcji, płasków i żwirów, zawierających także większe otoczaki, bryły glin zwalowych i ilów plejstoceńskich, często w postaci przemarzniętych bloków.

Działanie temperatur dodatnich w połączeniu z oddziaływaniem potoku przyboju i opadów powoduje zacieranie konturów pokryw wytopiskowych, zmniejszenie ich wymiarów, a w końcu pełne rozmycie. Większość materiału gruboklastycznego, znajdowanego na plażach rejonów wydmowych, jest — zdaniem autorów — związana z transportem na krach (*ice-rafted transport*). Na plażach Gardna i Leby oraz kosy helskiej spotykano kry lodowe (pl. 3, fig. 1) oraz pokrywy wytopiskowe bogate w otoczaki i bryły glin zwalowych, odsłaniających się w kłdkach położonych w odległości kilku do kilkunastu kilometrów; odpowiadają one *ice-rafted fragments* (Nichols 1961, 1968).

Do powstania pokryw wytopiskowych, zwykle silnie zaburzonych soliflukcyjnie, z dużymi szczelinami na powierzchni, może doprowadzić także wytapienie się lodu pogrzebanego (fig. 2). Jeśli jednak pokrywająca warstwa osadów posiada miąższość ponad 0,5 m, to wówczas pokrywy takie nie zaznaczają się wyraźnie w rzeźbie powierzchni plaży. Zwykle pokrywy takie towarzyszą pogrzebanemu lodowi tafłowemu. Ponad nim tworzą się rozległe zagłębienia wytopiskowe, wypełniane osadem spełującym ze zboczy, zbliżone do zmarzlinowych struktur powlekających (*veneering frost structures*, Romanowski 1960).

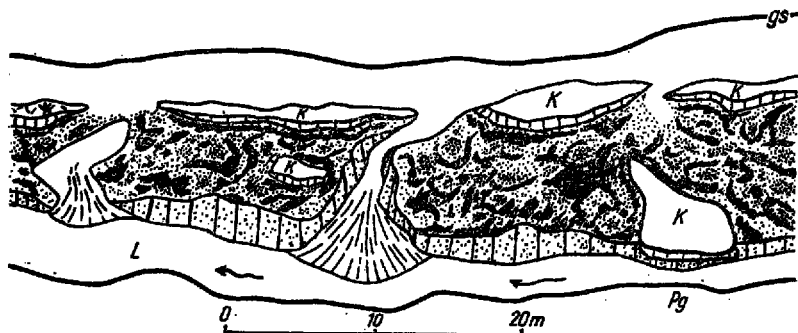


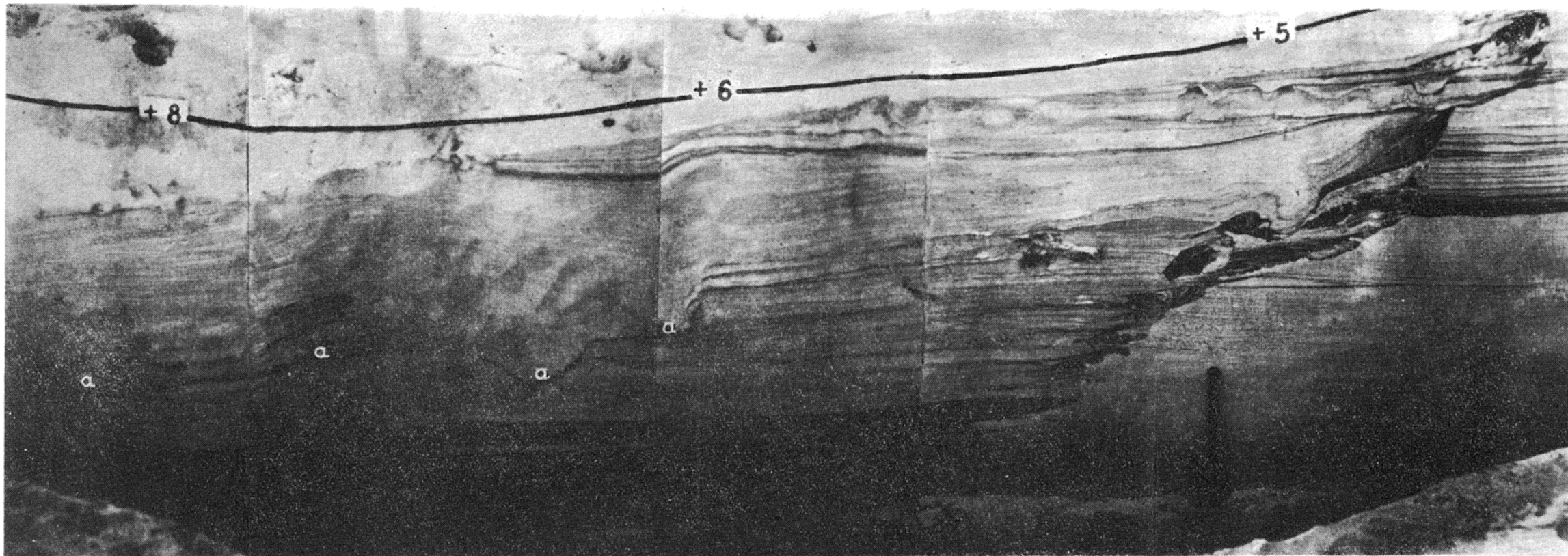
Fig. 1

Pokrywa wytopiskowa na plaży w Dębnie k. Ustki, kwiecień 1963

K kry, L laguna plażowa, Pg plaża górnego brzegu, gs granica splywu; skupienia kropek — zagłębienia, gęste ukośne kreski — grzblety. Strzałka wskazuje kierunek przepływu wody w lagunie, stanowiącej tu rodzaj „doliny marginalnej”. Pokrywa wytopiskowa o charakterystycznej, nierównej powierzchni, zbudowana jest z bezładnie złożonych żwirów, płasków i pojedynczych, większych otoczków. Największa miąższość pokrywy (0,8 m) występuje przy granicy z laguną. Pokrywa wytopiskowa pocięta jest już częściowo przez wody roztopowe oraz wody potoku przyboju

Thawing cover from beach at Dębina near Ustka, April 1963

K floating ice, L beach lagoon, Pg backshore beach, gs backwash limit; concentration of dots — depressions; closely-spaced oblique dashes — ridges. Arrow points water flow direction in lagoon, which here forms a "marginal valley". Thawing cover with typical uneven surface consists of randomly oriented gravels, sands and singular coarse pebbles and is the thickest (c. 0.8 m) at the contact with the lagoon. The thawing cover is partly cut by meltwaters and waters from swash of waves



Przekrój plaży w Jastarni, sierpień 1968

Odległości między znaczkami przy rozciągniętej taśmie wynoszą około 2 m. Z prawej strony najstarsze, niezaburzone osady, podcięte subkopalnym mikroklifem plażowym. W dole, w środkowej oraz lewej części zdjęcia osady złożone u podstawy subkopalnego mikroklifu, na których spoczywał lód (utrzymywał się do połowy czerwca); w miejscu, gdzie występował lód — widoczne nieregularne, szare plamy oraz cienka, mułasta warstewka (a-a). Osady złożone na lodzie są powyginane i zaburzone splywowo

Cross-section of beach at Jastarnia, August 1968

Distance between marks close to tape equals c. 2 m. To the right, the oldest, undisturbed sediments undercut by subfossil beach microcliff. In the lower central and left parts of the photo, there are sediments deposited at the base of subfossil microcliff, which were covered by ice till the middle of June; in place where ice occurred, some irregular gray spots and thin muddy layer (a-a) may be noticed. Sediments deposited on the ice are distorted and disturbed by solifluction

Wody roztopowe, spływające z obszarów pokryw wytopiskowych tworzą sieć przepływów, które w dalszym etapie rozwoju rozcinają pokrywę wytopiskową na mniejsze partie. Silna działalność tych wód zaznacza się przede wszystkim po odładowej stronie pokryw, gdzie zwykle tworzą się laguny plażowe o charakterze „doliny marginalnej”, z wkraczającymi w jej obręb stożkami „sandrowymi” (fig. 1). Działanie wód roztopowych jest tutaj silnie wspomagane przez działalność potoku przyboju.

ZAGŁĘBIENIA I DOLKI WYTOPISKOWE

Zagłębienia i dolki wytopiskowe (*thow pits and pools*, Rex 1964) występują masowo jedynie w obrębie pokryw wytopiskowych, nadając plaży wygląd tzw. *pitted beaches* (por. Nichols 1961, 1968).

Największe zagłębienia wytopiskowe spotykano ponad pogrzebanym lodem taflowym. Mają one kształt wydłużonych rynien o długości do 15 m i głębokości nie większej niż 50 cm. Pozostałe obserwowane zagłębienia mają kształty nieregularne, zbliżone do kół bądź elips, o średnicy zwykle mniejszej niż 1 m i głębokości do 0,5 m. Często są one ograniczone wałami wytopionego lub spiętrzonego osadu. Najmniejsze i najmniej regularne zagłębienia powstają przy wytapianiu się lodu gruntowego piaszczystej plaży. Ich wymiary nie przekraczają kilkunastu centymetrów średnicy i kilku centymetrów głębokości.

Zagłębienia i dolki wytopiskowe są krótkotrwałe. Szybko, zwykle w ciągu kilku dni trwania temperatur dodatnich, zostają prawie całkowicie zatarte. Utrzymują się najdłużej do końca kwietnia.

BŁOKI PRZEMARZNIĘTEGO OSADU

Większość obserwowanych bloków przemarzniętych osadów (*ice-cemented blocks*, Nichols 1961) miała wymiary poniżej 30 cm. Największe, spotykane sporadycznie, osiągały wielkość do 60 cm. Związane jest to z małą grubością przemarzniętych osadów, z których powstają.

Najczęściej spotykano bloki przemarzniętych osadów utworzone wskutek abrazji złodzonych piasków plaży, głównie przy ścianach mikroklifów plażowych. Liczne były także bloki pochodzące z przemarzniętych, klastycznych osadów nadbrzeża — piasków (pl. 4, fig. 1), glin i ilów plejstocenijskich. Dostarczane one były na plażę w rezultacie działania abrazji oraz osuwisk. Część z nich była składana bezpośrednio na krach, leżących u podnóża klifów.

Bloki przemarzniętego osadu obserwowano również pod przykryciem piasków złożonych przez napływ; rzadko miały wówczas wymiary większe niż 5 do 10 cm.

Po stopnieniu lodu, miejsca — gdzie złożone były bloki przemarzniętego osadu — zwykle różnią się składem litologicznym od osadów otaczających.

czających. Często obserwuje się także odmienne warstwowanie, co jest dobrze czytelne, jeśli zamarzający osad zawierał warstewki minerałów ciężkich (fig. 2).

Bloki przemarzniętego osadu opisywane z brzegów mórz polarnych (Nichols 1961, 1968; Rex 1964) oraz z plaż Nowej Anglii (Dillon & Conover 1965) osiągały większe wymiary, zwłaszcza jeśli zbudowane były ze żwirów lub z glin zwałowych.

ZABURZENIA UKŁADU WARSTWIW

W tej grupie struktur najczęściej spotyka się zaburzenia soliflukcyjne. Zwykle zachodzą one na niewielką skalę i obejmują osady o małej miąższości (fig. 3).

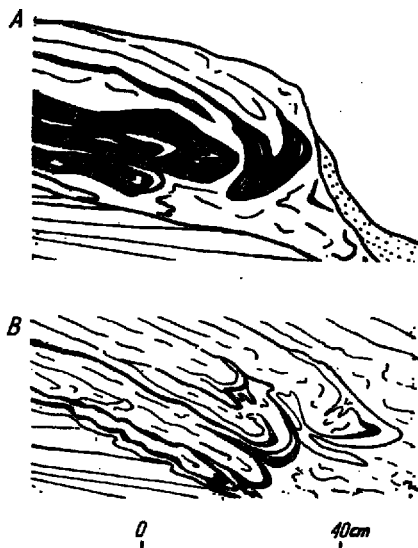


Fig. 3

Zaburzenia soliflukcyjne w piaszczystych osadach plaży; Mielno, luty 1962 (ciemne, grube linie oraz partie zaciemnione oznaczają koncentracje minerałów ciężkich)
A — Wycinek ściany szurfu (morze z prawej strony); w lewej dolnej części widoczne osady niezaburzone

B — Ściana szurfu wykopanego w obrębie mikroklifu plażowego (morze z prawej strony); w dole osady niezaburzone, zaś przy krawędzi mikroklifu osypujący się piasek

Solifluction forms in sandy deposits of beach at Mielno, February 1962 (concentrations of heavy minerals marked with heavy dark lines and dark shadow)

A — Part of excavation wall (sea to the right), undisturbed deposits in lower left corner

B — Wall of excavation dug out in beach microcliff (sea to the right); undisturbed deposits at the bottom, falling sand at the microcliff margin

Zaburzenia soliflukcyjne najwyraźniej zaznaczają się w obrębie mikrokłifów plażowych (fig. 3A), w osadach przykrywających lód pogrzebany (fig. 2), oraz w obrębie pokryw wytopiskowych. Czytelność ich zależy od występowania wyraźnego warstwowania.

W schyłkowym okresie zlodzenia powszechne są szczeliny (pl. 3, fig. 2), zwykle z towarzyszącymi im drobnymi uskokami (pl. 4, fig. 2) oraz bardzo małymi, kilkucentymetrowymi kłunami mrozowymi. Największe ze szczelin miały długość kilku metrów, szerokość rozwarcia 2—3 cm; otwarte były one do głębokości 10—15 cm, przechodząc poniżej w powierzchnię uskokową, ciągnącą się nawet do 1 m w głąb i dochodzącą do powierzchni pogrzebanego lodu. Największe z obserwowanych uskoków miały rzut do 5 cm i występowały zwykle grupowo w postaci uskoków schodowych.

Zaburzenia układu warstw znane z plaż polarnych (Leffingwell 1915; Paterson 1940; Nichols 1961, 1968) często mają większe od opisanych wymiary i znacznie dłużej trwają.

W tworzeniu wszystkich rozważanych struktur niewątpliwym udziałem biorą również procesy towarzyszące układom o niestatecznym warstwowaniu gęstościowym (por. Anketell & al. 1970) bądź deformacjom obciążeniowym (por. Butrym & al. 1964). Nie stwierdzono jednakże powstawania omawianych struktur poza okresem zlodzenia plaży.

WPŁYW ZŁODZENIA NA PROCESY BRZEGOWE

W okresie pełnego zlodzenia następuje całkowite, lub przynajmniej częściowe zahamowanie procesów brzegowych, głównie ze względu na ochronny wpływ lodu brzegowego, przesuwanego znacznie linię brzegową w stronę morza (por. Joyce 1950, Popov 1959). W początkowym etapie rozmarzania zaznacza się silna działalność niszcząca przesuwanymi się masami lodu (por. Kuenen 1950, Różycki 1961), głównie w postaci dużych pól lodowych wkraczających na plażę. Istotne znaczenie ma tutaj niszczenie rew, powodujące wzmożenie abrazji na tym odcinku brzegu po ustąpieniu zlodzenia. Masy lodu sunące w płytkiej wodzie tworzą na dnie wyraźne rysy, które w warunkach bałtyckich są zazwyczaj drobne i krótkotrwałe oraz nikną wraz z pełnym rozmarznięciem osadów. Rysy takie są większe i bardziej trwałe, jeżeli dno zbudowane jest z osadów spoistych (Košečkin 1958) lub dłużej podlegających przemarznięciu (Nichols 1961).

Nacisk kier lodowych na plażę powoduje powstanie wałów spiętrzonego osadu, które w połączeniu z wałami osadu wytopionego i pokrywami wytopiskowymi stanowią wyraźne, pozytywne formy na plaży (fig. 4). Formy obserwowane przez autorów na plażach Bałtyku mają w początkowym okresie rozwoju wymiary zbliżone do najczęściej spotykanych analogicznych form na brzegach mórz polarnych (por. Kaljanov 1938; Io-

nin 1959; Nichols 1961, 1968; Rex 1964), gdzie jednak zaznaczać się one mogą trwale w morfologii plaży.

Układ warstw plaży ulega także różnorodnym zaburzeniom spowodowanym nie tylko mechaniczną działalnością lodu, ale i wywołanym potwarzającymi się rozmarzaniem i zamarzaniem osadu oraz wytapianiem się lodu (zagłębienia wytopiskowe, szczeliny i uskoki, zaburzenia soli-flukcyjne).

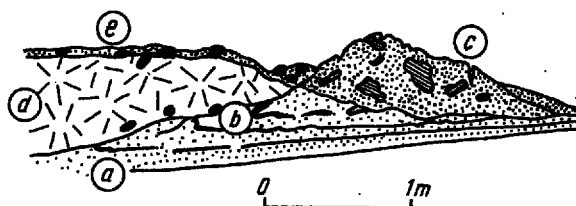


Fig. 4

Zaburzenia układu warstw plaży przy kontakcie z krą; Rowy, kwiecień 1963

a niezaburzone warstwy plaży, b warstewki zaburzone w skutek uderzenia kry, c wał materiału spiętrzonego przez nacisk kry, częściowo również pochodzącego z wytopienia; d kra, e wytopiony materiał na powierzchni kry ("morena ablacyjna"); drobne kropki — piasek, grube kropki — żwir i większe otoczaki; zakreskowano ostrokrawędziste bloki przemarzniętego osadu, o zachowanym pierwotnym warstwowaniu; grube linie — warstewki minerałów ciężkich

Disturbances in layer pattern of beach at the contact with ice-floe; Rowy, April 1963

a undisturbed layers of beach, b thin layers disturbed by ice-floe stress, c ice-pushed ridge formed by ice-floe stress, and partly from ice-deposited ridges; d ice-floe, e material melted on ice-floe surface ("ablational moraine"); fine dots — sands; coarse dots — gravels and coarse pebbles; dashes — angular ice-cemented blocks of deposits with primary bedding preserved; heavy line — layers with heavy minerals

Dla budowy osadów plaży istotne znaczenie ma występowanie materiału przetransportowanego na krach, zwłaszcza w przypadku dostarczenia żwirów i otoczaków w rejony wydmowe strefy brzegowej.

WNIOSEK

Charakter plaż południowego Bałtyku w czasie ich zimowego zlodzenia oraz inwentarz struktur związanych ze zlodzeniem spełniają zasadnicze warunki podane przez R. L. Nicholasa (1961) dla plaż klimatu polarnego w szerokim pojęciu tego słowa. Dotyczy to zwłaszcza występowania: lodu pogrzebanego, masowego występowania zagłębień i dołków wytopiskowych, wałów spiętrzonego i wytopionego osadu, obecności materiału transportowanego przez kry, oraz zaburzeń układu warstw. Różnice pomiędzy strukturami opisanymi z plaż mórz polarnych a obserwowanymi na plażach południowego Bałtyku zaznaczają się głównie w okresie trwania tych struktur. Wymiary omawianych struktur w większości

przypadków są zbliżone i zależą przede wszystkim od możliwości powstania dużych nagromadzeń lodu na plaży, co bardziej jest uzależnione od warunków lokalnych niż od położenia w określonej strefie klimatycznej.

Wielokrotne powtarzanie się w okresie zlodzenia plaż południowego Bałtyku wahań temperatury, z przejściem przez 0°C , powoduje dużą intensywność powstawania szeregu struktur zaburzających układ warstw. Wahania temperatury mają tu większe znaczenie niż długotrwałe panowanie silnych mrozów (por. Brochu 1960). Struktury związane ze zlodzeniem plaży mogą być traktowane jako struktury peryglacjalne w szerokim pojęciu tego terminu. Występowanie tych struktur na wybrzeżu południowego Bałtyku pozwala zaliczyć je do wybrzeży peryglacjalnych, strefy subglacjalnej według S. Z. Różyckiego (1957), czyli strefy o sezonowym jedynie rozwoju zjawisk zbliżonych do zjawisk peryglacjalnych *sensu stricto*.

Zlodzenie plaż południowego Bałtyku zaznacza się w przebiegu procesów brzegowych oraz w budowie osadów plaży. Największe znaczenie ma tu niszczenie rew przez dryfujące lody, transport osadów na krach oraz powstawanie zaburzeń w warstwowaniu osadów.

*Instytut Geologii Podstawowej
Uniwersytetu Warszawskiego
Warszawa 22, Al. Zwirki i Wigury 93
Warszawa, w sierpniu 1971 r.*

LITERATURA CYTOWANA

- ANKETELL J. M., CEGŁA J. & DŻUŁYŃSKI S. 1970. On the deformational structures in systems with reversed density gradient (Zaburzenia w układach o niestatecznym uwarstwieniu gęstościowym). — Roczn. P. T. Geol. (Ann. Soc. Géol. Pol.), t. 40, z. 1. Kraków.
- BĄCZYK J. & CZEKIŃSKA M. 1962. Zjawiska zlodzenia u polskich brzegów Bałtyku (Les phénomènes de congélation sur les côtes polonaises de la Baltique). — Prace Komis. Geogr.-Geol. Pozn. Tow. Przyj. Nauk (Trav. Géogr. Géol. Soc. Sci. Poznań), t. 3, nr 4. Poznań.
- BIRKIENMAJER K. 1960. Raised marine features of the Hornsund area, Westspitsbergen (Podniesione tarasy nadmorskie we fiordzie Hornsund na Spitsbergenie). — Studia Geol. Pol., vol. 5. Warszawa.
- BROCHU M. 1960. Élargissement de la notion „Périglaciale” (Rozszerzenie zakresu pojęcia „Peryglacjalny”). — Biul. Peryglac. (Bull. Périgl.), nr 7. Łódź.
- BUTRYM J., CEGŁA J., DŻUŁYŃSKI S. & NAKONIECZNY S. 1964. New interpretation of "periglacial structures" (Nowa interpretacja „struktur peryglacjalnych”). — Folia Quaternaria, no. 16. Kraków.
- DILLON W. & CONOVER J. 1965. Formation of ice-cemented sand blocks on a beach and lithological implications. — J. Sedim. Petrol., vol. 35, no. 4. Tulsa.
- DIONNE J. 1968. Shore morphology of the south shore of the St. Lawrence estuary. — Amer. J. Sci., vol. 266, no. 5. New Haven.

- DYLLIK J. 1952. Peryglacjalne struktury w plejstocenie środkowej Polski (Periglacial structures in the Pleistocene deposits of Middle Poland). — *Biul. Państw. Inst. Geol.* 66. Warszawa.
- IONIN A. S. 1959. Berega Beringowo (Morja, Izd. Akad. Nauk SSSR, Moskwa.
- JOYCE J. R. F. 1950. Notes on ice-foot development, Neny Fjord, Graham Land, Antarctica. — *J. Geol.*, vol. 58, Chicago.
- KALJANOV V. P. 1938. Metodika issledovanija morfologii poberežij. Učjonyje Zap. MGU, nr 19, Geografija, Moskwa.
- KOŠEČKIN V. I. 1958. Sledy dejatelnosti podvodnych ldov na poverchnosti dna melkovodnych učastkov severnogo Kaspija. — *Trudy Labor. Aerometodov.*, vyp. 8, Moskwa.
- KUENEN PH. H. 1950. *Marine Geology*. Wiley & Sons, New York.
- LEIFFINGWIELL E. K. 1915. Ground-ice wedges, the dominant form of ground-ice on the north coast of Alaska. — *J. Geol.*, vol. 23, Chicago.
- MILATA W. 1949. Liczba dni z przymrozkami w Polsce. — *Czas. Geogr.*, t. 21, Wrocław.
- NICHOLS R. L. 1953a. Marine and lacustrine ice-pushed ridges. — *J. Glaciol.*, vol. 2, Cambridge.
- 1953b. Geomorphologic observations at Thule, Greenland and Resolute Bay, Cornwallis Island, N. W. T. — *Amer. J. Sci.*, vol. 251, New Haven.
- 1961. Characteristics of beaches formed in polar climates. — *Ibidem*, vol. 259, no. 9.
- 1968. Coastal geomorphology, Mc Murdo Saund, Antarctica. — *J. Glaciol.*, vol. 7, no. 51, Cambridge.
- PATERSON T. T. 1940. The effects of frost action and solifluction around Baffin Bay and in the Cambridge district. — *Quart. J. Geol. Soc. London*, vol. 96, London.
- POPOV E. A. 1959. O vlijanii naledi i beregovogo pripaja na dinamiku morskogo berega. — *Trudy Okean. Komisi*, t. 4, Moskwa.
- REX R. W. 1964. Arctic beaches, Barrow, Alaska. In: R. L. Miller (Ed.), *Papers in Marine Geology, Shepard commemorative volume*, New York.
- ROMANOWSKI N. N. 1960. Zmarzlinowe struktury powlekające (Veneering frost structures). — *Biul. Peryglac. (Bul. Périgl.)*, t. 7, Łódź.
- ROŻYCKI S. Z. 1957. Strefowość rzeźby i zjawiska peryglacjalne na Ziemi Torela, Spitsbergen (Zones périglaciaires de la Terre de Torel). — *Ibidem*, t. 5.
- 1961. Changements pléistocènes de l'extension de l'inlands en Antarctide Orientale d'après l'étude des anciennes plages élevées de l'Oasis Bunger, Queen's Mary Land (Wyniesione plaże Oazy Bungere, Ziemia Królowej Mary, i ich związek ze zmianami położenia skraju lodolodu wschodniej Antarktydy w plejstocenie). — *Ibidem*, t. 10.

SUMMARY

ABSTRACT: Several ice-formed structures hitherto described in polar sea beaches, such as beach resting on ice, frost forms, ice-pushed and ice-deposited ridges, ice-cemented blocks and ice-raftered fragments, are recorded from the beaches of the southern Baltic sea. The authors stress the importance of studies carried out on structures of this type for more complete sedimentological characterization of the beaches.

Ice in various forms occurs on beaches of the southern Baltic sea during 2 to 3 months of the year. However, it occurs in large amounts during more severe winters. Then, shore-ice (Pl. 1, Figs 1—2) reaches 1 m in thickness and extends up to 150 m from shore into the sea. Ice commonly occurs also on top parts of balls (Pl. 2, Fig. 1). Drifting ice fields entering the shore form grounded hummocks which are usually large, maximally attaining 4 to 5 m in height. During the period of freezing over, the area is subjected to daily temperature oscillations with passing by 0°C, and repeated short-termed periods of positive temperatures.

Nichols' (1961, 1968) terms for forms related to freezing over are accepted in the present paper.

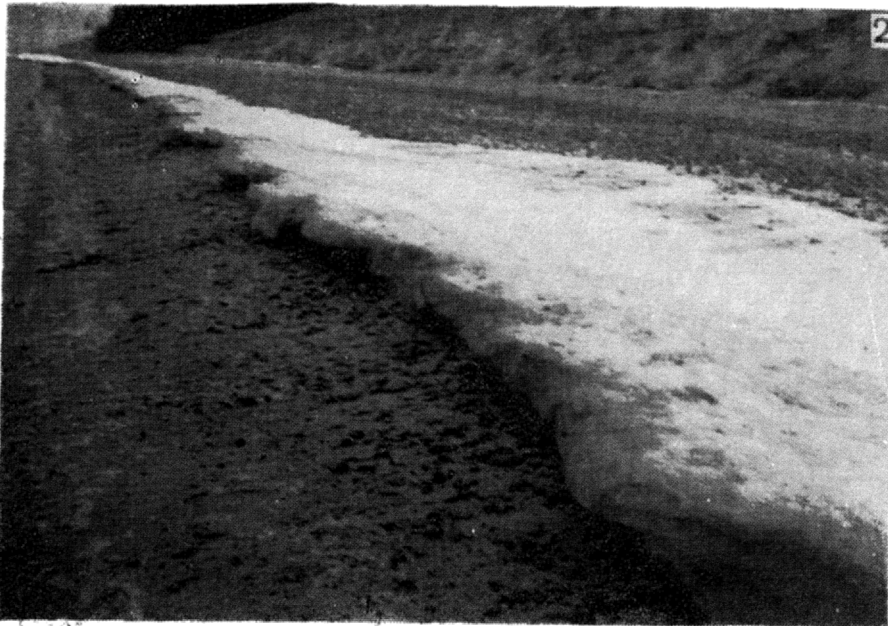
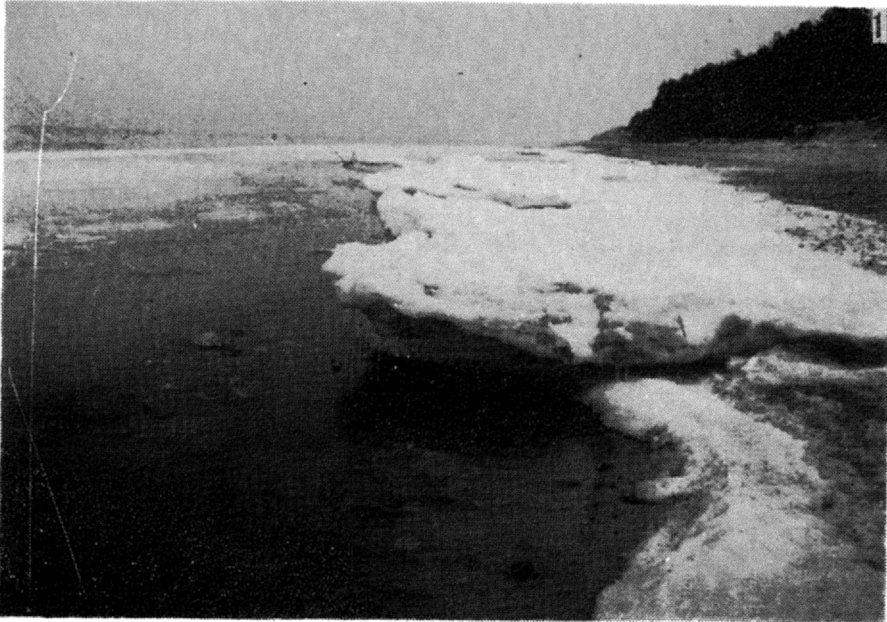
Thawing covers (Fig. 1) are caused by the thawing of ice resting on beach and yielding ice-bound deposits (Pl. 2, Fig. 2). The thawing covers reach 1 m in thickness and occupy the area of a few tens square meters, when they are related to hummocked ice. The thawing covers consist of randomly piled up sands and gravels and numerous ice-raftered fragments in the form of coarse pebbles (Pl. 3, Fig. 1), Pleistocene boulder-clay and clay blocks and various ice-cemented blocks. These ice-cemented blocks (Fig. 2; Pl. 4, Fig. 1), maximally from 30 to 60 cm in diameter, are most common in thawing covers, but occasionally are noted in other places.

Thawing cover surfaces, when fully developed, are analogous to those of pitted beaches described by Nichols (1961, 1968) from polar shores. Thaw pits and pools arising outside the thawing covers are usually more widely spaced and smaller in size; depressions forming over buried tabular ice are the exception here, attaining up to 15 m in length and 0.5 m in depth.

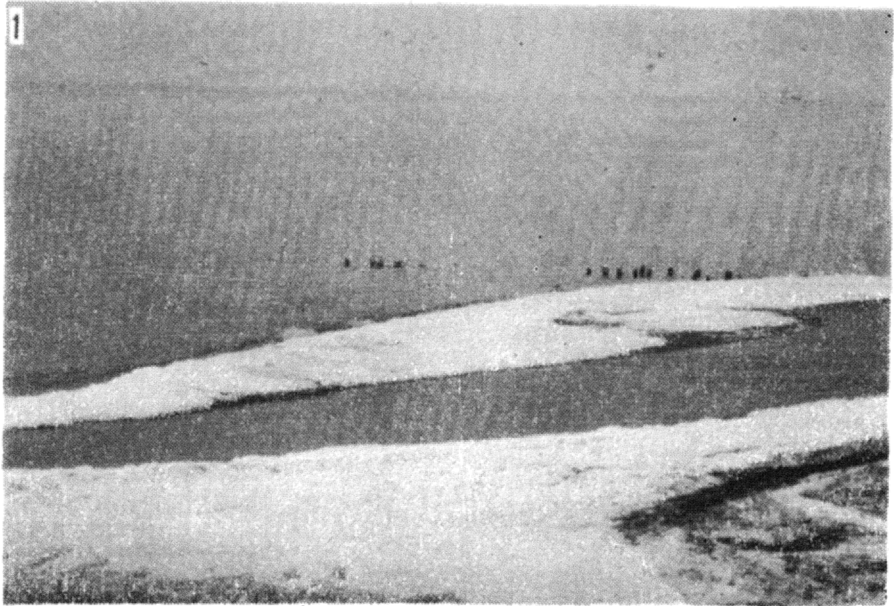
Often large ice masses are buried under sediments deposited by swash of waves. Thawing of ice results in both formation of surface depressions and disturbances in pattern of deposit layers surrounding and covering ice (Fig. 2). Among disturbances, solifluction forms, cracks (Pl. 3, Fig. 2) and small faults predominate. The beach outlook and structure prior to complete thawing of buried ice correspond to those of the beaches resting on ice, described by Nichols (1961) in polar shores. Thawing-freezing cycles result in the formation of disturbances in pattern of beach deposits (frost forms), even in the absence of buried ice. Solifluction forms are particularly numerous close to beach microcliffs (Fig. 3a, b); small faults are also common (Pl. 4, Fig. 2).

The stress of floating ice and drifting ice fields results in formation of ice-pushed ridges (Fig. 4). These ridges, together with ice-deposited ridges and thick thawing covers are the largest positive forms which arise when beaches of the southern Baltic sea freeze over.

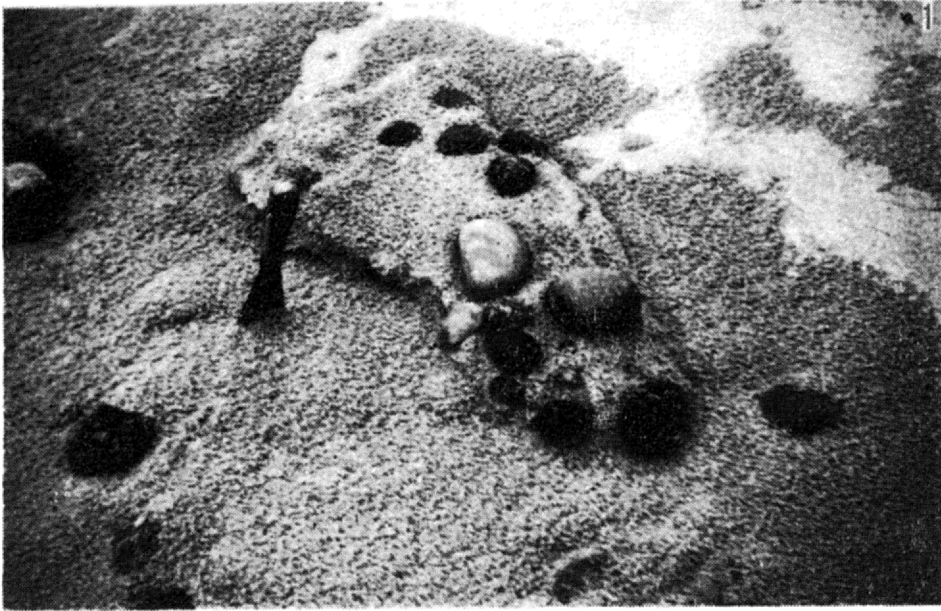
*Institute of Geology
of the Warsaw University
Warszawa 22, Al. Zwirki i Wigury 93
Warsaw, August 1971*



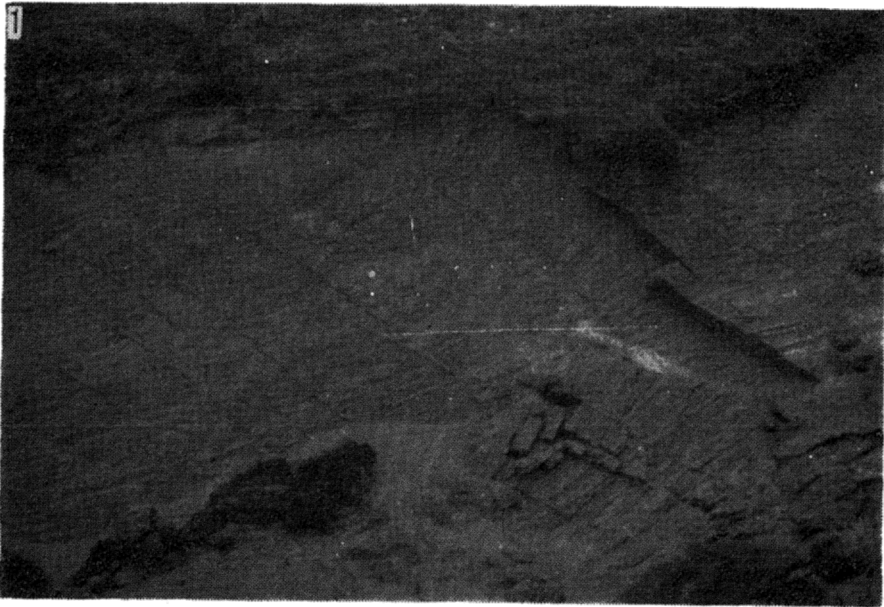
- 1 — Lód brzegowy na plaży wyspy Wolin, kwiecień 1962 (wysokość stopy lodu na pierwszym planie — 0,7 m); z lewej strony ciągnie się niższa stopa lodu, sięgająca rewy i pokryta cienką warstwą wody.
Shore ice on beach of Wolin Island, April 1962; in the front, ice foot 0.7 m high; to the left, lower ice foot, extending as far as the ball and covered with thin layer of water.
- 2 — Fragment lodu brzegowego na plaży wyspy Wolin, częściowo zniszczony przez fale; kwiecień 1962
Fragment of shore ice from beach of Wolin Island, partly destroyed by waves; April 1962.



- 1 — Lód pokrywający plażę oraz pierwszą rowę; Dziwnów, kwiecień 1962.
Ice covering beach and first ball; Dziwnów, April 1962.
- 2 — Bloki kier zawierające znaczną ilość wmarzniętego piasku i żwiru; plaża w Jastarni, luty 1969.
Ice-floe blocks yielding significant amount of sand and gravel; beach at Jastarnia, February 1969.



- 1 — Pojedyncza kra, częściowo wytopiona, zawierająca dużą ilość otoczków i piasku; Leba, luty 1968.
 Single ice floe, partly melted and containing large amount of pebbles and sand; Leba, February 1968.
- 2 — Plaża górnego brzegu w Jastarni, maj 1968. Szczeliny powstałe wskutek wytopiania się niżej leżącego lodu pogrzebanego.
 Beach of the back shore at Jastarnia, May 1968. Cracks caused by melting of the buried ice.



- 1 — Przemarznięte osady piaszczyste nadbrzeża, osuwające się na plażę i dostarczające bloki przemarzniętego osadu o zachowanym pierwotnym warstwowaniu; wyspa Wolin, luty 1962.
Frozen deposits of sandy cliff, sliding down on the beach in the form of ice-cemented blocks with primary bedding preserved; Wolin Island, February 1962.
- 2 — Uskokii w osadach plaży górnego brzegu w okolicy Karwi (przekrój równoległy do linii brzegowej); ciemne — warstwy minerałów ciężkich; wielkość otoczków do 10 cm.
Faults cutting deposits of backshore beach at Karwia (section parallel to shoreline); layers rich in heavy minerals marked black; pebbles up to 10 cm in diameter.