

Wały śryżowe na polskim wybrzeżu

Prof. dr hab. Józef Piotr Girjatowicz
Uniwersytet Szczeciński, Wydział Nauk o Ziemi

Wały śryżowe są specyficznym rodzajem spiętrzonego lodu tworzącym się wzdłuż brzegów Morza Bałtyckiego. Budulcem tych form lodowych są początkowe pływające postacie lodu, jak: kryształki lodu, śryż, lepa śnieżna, lepa lodowa, a także gruz lodowy napływający głównie z ujść rzecznych, a następnie rozdrobiony w wyniku falowania. Czynnikiem formującym wały śryżowe czy wały śryżowo-gruzowe jest falowanie wywołane silnym dolądowym wiatrem. Te stłoczone wzdłuż brzegu drobne postacie lodu, jako osiadłe formy lodowe, nie mają wpływu na żeglugę, toteż nie były uwzględniane w monitoringu lodowym prowadzonym przez służby osłony przeciwlodowej. Stąd w li-

teraturze przedmiotu nie zwracano większej uwagi na te osiadłe formy lodowe uformowane wzdłuż brzegu. Pewne wzmianki o tych formach lodowych można znaleźć w pracach dotyczących polskiego wybrzeża [1, 3] i innych akwenów [4, 6]. Podejmowano też próbę przedstawienia zróżnicowanych form wałów śryżowych pojawiających się na brzegach południowego Bałtyku [2]. Ze względu na słabe rozpoznanie wałów śryżowych jako cel pracy przyjęto zbadanie budowy (form) i warunków ich tworzenia się na polskim wybrzeżu.

W pracy wykorzystano materiał obserwacyjny autora dotyczący wałów śryżowych na polskim wybrzeżu. Obserwacje

lodowe wraz z dokumentacją fotograficzną były prowadzone przez autora już od lat siedemdziesiątych XX wieku. Dotyczyły one Trzebieży (Zalew Szczeciński), Świnoujścia, Lubiewa, Międzyzdrojów, Dziwnówka, Rewala, Trzęsacza, Władysławowa, Helu, Gdańska Stogów i Krynicy Morskiej. Natomiast pomiary morfometryczne wałów śryżowych wykonywano sporadycznie

w rejonach: Świnoujście, Lubiewo, Międzyzdroje i Dziwnówek w latach od 1995/96 do 2011/12.

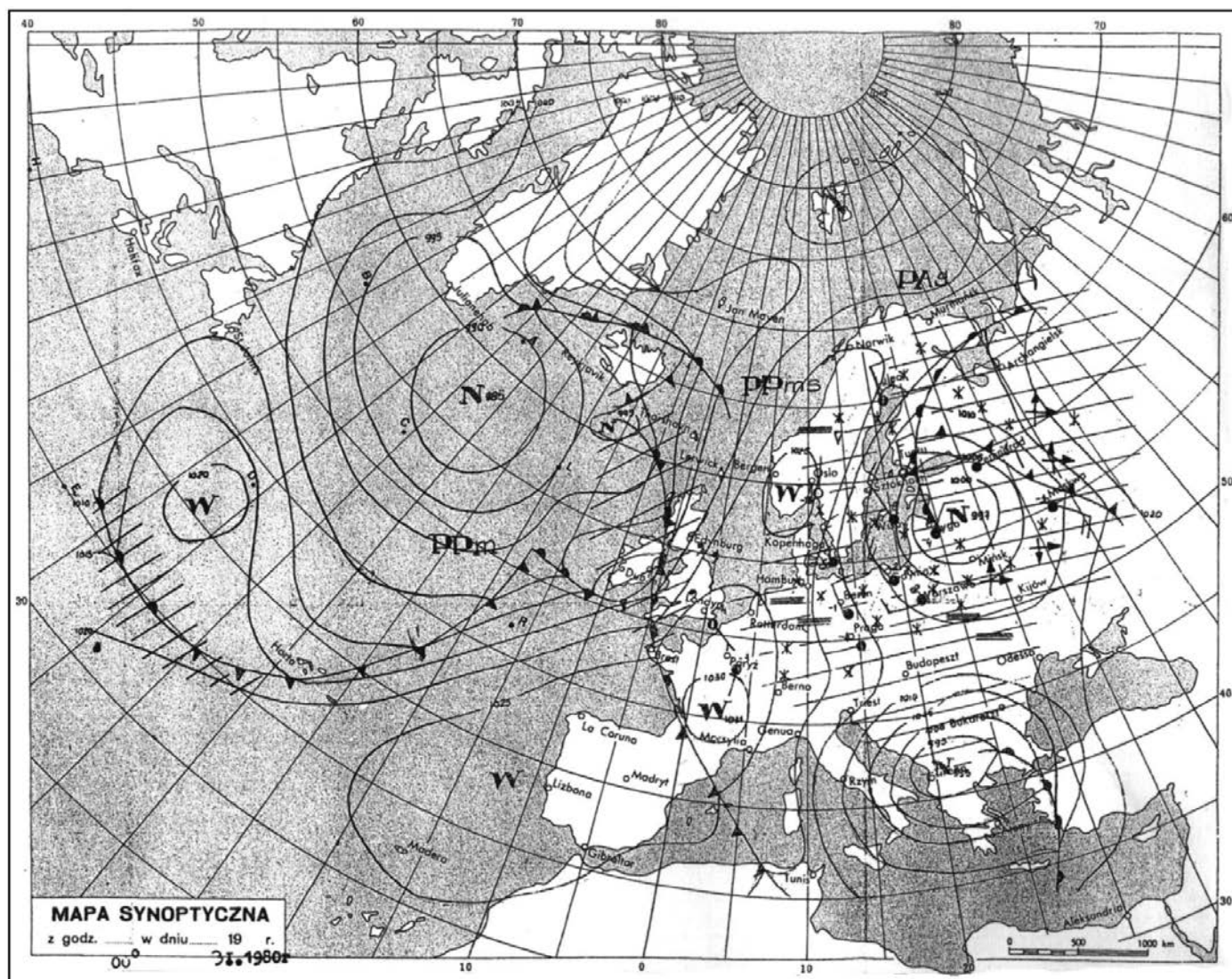
W trakcie pieszych rekonesansów lodowych gromadzono dokumentację fotograficzną tych wałów. Spośród kilkudziesięciu fotografii wałów śryżowych do pracy wybrano i przeanalizowano 12 fotografii w celu ukazania ich budowy, a zwłaszcza



Rys. 1. Podwierzchna strona wału śryżowego na brzegu Zalewu Szczecińskiego (Trzebież, 16 I 1980 roku)



Rys. 2. Zawierzchna strona wału śryżowego na brzegu Zalewu Szczecińskiego (Trzebież, 16 I 1980 roku)



Rys. 3. Mapa meteorologiczna Europy z godziny 00 UTC w dniu 3 I 1980 roku

kształtu zboczy podwietrznych (od strony akwenu) i zboczy zawietrznych (od strony lądu).

W pracy przedstawiono również dwa profile wałów śryżowych ukazujących jego morfologię w fazie pełnego rozwoju oraz topniejące ich fragmenty w fazie zanikania.

Do pomiaru wałów śryżowych użyto taśmy mierniczej, łąty lodowej, kompasu, GPS-u, a także korzystano ze świdra do lodu. Warunki meteorologiczne, przy których tworzyły się te wały, określono na podstawie map meteorologicznych i danych hydrologiczno-meteorologicznych w nich zawartych [5]. Wykorzystano także inne materiały archiwalne Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej (IMGW).

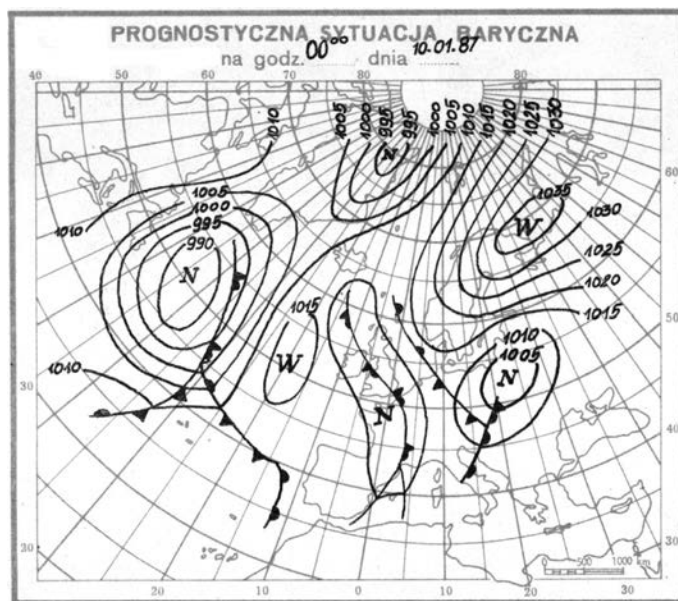
METEOROLOGICZNE I HYDROLOGICZNE PRZYCZYNY TWORZENIA SIĘ WAŁÓW ŚRYŻOWYCH

Do zanalizowania warunków hydrologiczno-meteorologicznych, podczas których uformowały się wały śryżowe na polskim wybrzeżu, użyto dwóch przypadków. Jeden z nich dotyczy wałów utworzonych na Zalewie Szczecińskim w zimie 1979/80, a drugi – wałów w Zatoce Pomorskiej w zimie 1986/87.

W rejonie Zalewu Szczecińskiego w zimie 1979/80 temperatura powietrza spadła poniżej 0°C w dniu 30 grudnia 1979 roku. Utrzymujące się ujemne temperatury powietrza spowodowały, że już w dniu 2 stycznia 1980 roku na zalewie zaczął tworzyć się śryż. Silne wiatry ($5 \div 7^{\circ}\text{B}$) z kierunku NW i towarzyszące im intensywne falowanie wyrzucały śryż na brzeg, tworząc na południowym brzegu zalewu w rejonie Trzebieży wał śryżowy o wysokości około 1 m (rys. 1 i 2). Taki kierunek wiatru i falowania był generowany przez niż baryczny usytuowany na wschód od Zalewu Szczecińskiego i zobrazowany na mapie meteorologicznej (rys. 3). Na mapie tej jest widoczny dość głęboki niż (997 hPa) z centrum nad Łotwą. Od strony zachodniej zalewu rozciągał się prawie południkowo wał wysokiego ciśnienia z dwoma ośrodkami – nad południową Norwegią i Francją. Południkowy układ izobar generował wiatr z kierunku NW. Napływało mroźne powietrze arktyczne znad Morza Barentsa i Skandynawii. Temperatura powietrza nad zalewem wynosiła około -4°C , wywołując tworzenie się początkowych postaci lodu (śryż, lepa).

Podobny układ baryczny, jak w zimie 1979/80, wystąpił również w zimie 1986/87, kiedy utworzył się wał śryżowy u południowych brzegów Bałtyku (rys. 4). Spadek temperatury powietrza poniżej 0°C wystąpił już w dniach 21 – 26 listopada 1986 roku, ale trwałe ochłodzenie rozpoczęło się 2 stycznia 1987 roku. Utrzymujące się niskie temperatury powietrza ($t_p < 0^{\circ}\text{C}$) spowodowały, że już w dniu 10 stycznia, przy bardzo niskiej temperaturze powietrza ($t_p < -10^{\circ}\text{C}$) i temperaturze wody ($t_w < 0^{\circ}\text{C}$), zaczął tworzyć się śryż u południowych brzegów Bałtyku. Czynnikiem piętzącym był wiatr z kierunku NE o sile 6°B . Takie anemologiczne warunki były spowodowane przez niż baryczny występujący na wschód od południowego Bałtyku ukazany na mapie meteorologicznej (rys. 4). Na mapie tej od strony zachodniej i północnej Bałtyku występują wyż baryczne, a od południowego wschodu wspomniany niż baryczny. Takie położenie układów barycznych powodowało spływ mroźnego powietrza znad północno-zachodniej Rosji w kierunku południowego Bałtyku, sprzyjając tworzeniu się wałów śryżo-

wych. Wzrósł też poziom wody o około 0,5 m powyżej średniego poziomu. Przykłady wałów śryżowych powstałych w zimie 1986/87 z rejonów Zatoki Pomorskiej pokazano na rys. 5 i Zatoce Gdańskiej na rys. 6.



Rys. 4. Mapa meteorologiczna Europy z godziny 00 UTC w dniu 10 I 1987 roku



Rys. 5. Podwietrzna strona wału śryżowego na brzegu Zatoki Pomorskiej (Międzyzdroje, 26 I 1987 roku)



Rys. 6. Wał śryżowy na brzegu Zatoki Gdańskiej (Hel E, 12 III 1987 roku)

FORMY WAŁÓW ŚRYŻOWYCH

Analizując formy wałów śryżowych na podstawie przedstawionych fotografii (rys. 1, 2, 5 i 6) można zauważyć, że ich zbocza podwietrzne są prawie pionowe, miejscami wklęsłe, natomiast zbocza zawietrzne mają łagodne nachylenie.

Na rys. 1 pokazano zbocze podwietrzne wału śryżowego na Zalewie Szczecińskim w dniu 16 stycznia 1980 roku. Jest to zbocze prawie pionowe, miejscami wklęsłe z gzymsami. Przed tym wałem utworzyła się później stała pokrywa lodowa. Natomiast po przeciwnej stronie (zawietrznej) zbocze wału jest już znacznie łagodniejsze (rys. 2). Wyrzucane przez fale śryż i lepa lodowa na zawietrzną stronę wału staczały się po zboczu, budując je zgodnie z nachyleniem naturalnego usypu tych postaci lodu. W dolnej części wału jest widoczne załamanie spadku ciągłości zbocza. Przerwanie jego ciągłości u podstawy wału (po prawej stronie) świadczy o występowaniu podwyższonego poziomu wody w okresie, kiedy tworzył się wał. Po lewej stronie fotografii jest widoczna przerwa w ciągłości podłużnej wału. Tym przesmykiem wlewała się woda z zalewu na zaplecze wału.

Zbocza podwietrzne wałów śryżowych przeważnie są wklęsłe o kształcie muszlowatym. Na rys. 5 po lewej stronie są widoczne formy muszlowate, które stanowią najwyższe miejsca tego wału usytuowanego w rejonie Międzyzdrojów w dniu 26 stycznia 1987 roku. Tego rodzaju wierzchołki występują przeważnie w odległości kilku metrów od siebie, co sprawia, że wał taki w profilu podłużnym jest pofalowany. Po prawej stronie, w głębi, na rys. 5 jest widoczny fragment wału utworzonego później. Podobne formy wałów śryżowych pokazano na rys. 6 w rejonie Helu E (od strony wschodniej) w dniu 12 marca 1987 roku. Od strony morza są widoczne wklęsłe zbocza podwietrzne wału z gzymsami, którego wysokość dochodziła do 3 m. Był to wał bardzo nierówny, z wieloma muszlowatymi wierzchołkami, u podstawy z bruzdami oraz innymi ściśniętymi formami śryżu i lepy lodowej. Przed wałem tym utworzyła się stała pokrywa lodowa zbudowana z zamrożonego śryżu, lepy i krążków lodowych.

Wzdłuż brzegu mogą występować schodkowe wały śryżowe stopniowo obniżające się ku morzu (rys. 7 i 8). Na rys. 7 jest widoczny trzystopniowy wał o wysokości maksymalnej do 3 m w rejonie Dziwnówka w dniu 23 lutego 2012 roku, a na rys. 8 – czterostopniowy wał wyklinowujący się w dwustopniowy w rejonie Świnoujścia w dniu 6 marca 1987 roku. Ich zbocza podwietrzne są pionowe, a w niektórych miejscach wklęsłe. Natomiast zbocza zawietrzne o skłonie dolądowym mają małe nachylenie o długości od kilku do kilkunastu metrów (rys. 9). Na rysunku tym są widoczne zaokrąglone formy lepy lodowej o średnicy od kilku do kilkunastu centymetrów. Staczając się, formowały one stosunkowo łagodne zbocze zawietrzne.

Tego rodzaju zbocza zawietrzne i strome zbocza podwietrzne, miejscami wklęsłe, przedstawiono na profilu poprzecznym wałów śryżowych w Międzyzdrojach w dniu 28 grudnia 2010 roku (rys. 10). W głębi plaży jest położony najwyższy wał o wysokości około 3 m n.p.m. Jego zbocze zawietrzne jest nachylone pod kątem $20 \div 25^\circ$, natomiast zbocze podwietrzne jest prawie pionowe, a nawet nieznacznie wklęsłe. Również wał od strony morza (lewa część rysunku) ma łagodne zbocza zawietrzne i strome zbocza podwietrzne. Wznosi się on schodkowo co

około 0,5 m, osiągając wysokość 1,5 m n.p.m. Między tymi wałami w zagłębieniu rozciąga się na odcinku 15 m ściśnięty śryż i lepa lodowa o grubości powyżej 1 m.

Wały śryżowe podczas długotrwałych zim mogą przetrwać nawet do kwietnia (rys. 11). Na rysunku tym są widoczne frag-



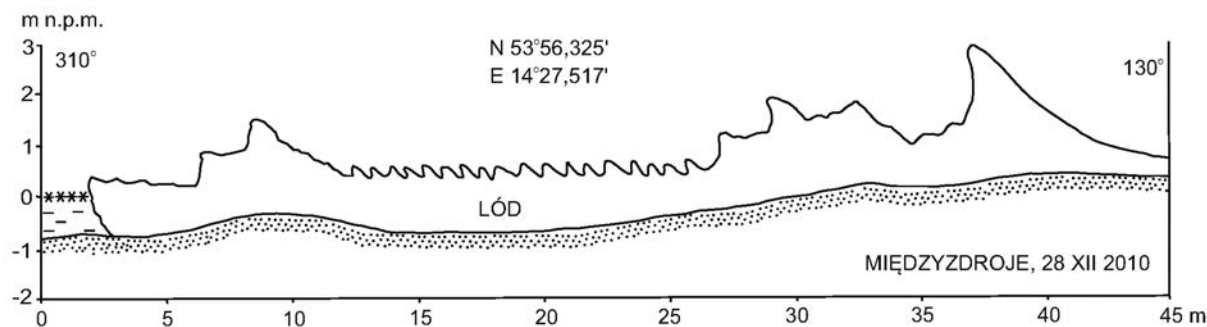
Rys. 7. Trzystopniowy wał śryżowy na brzegu Zatoki Pomorskiej (Dziwnówek, 23 II 2012 roku)



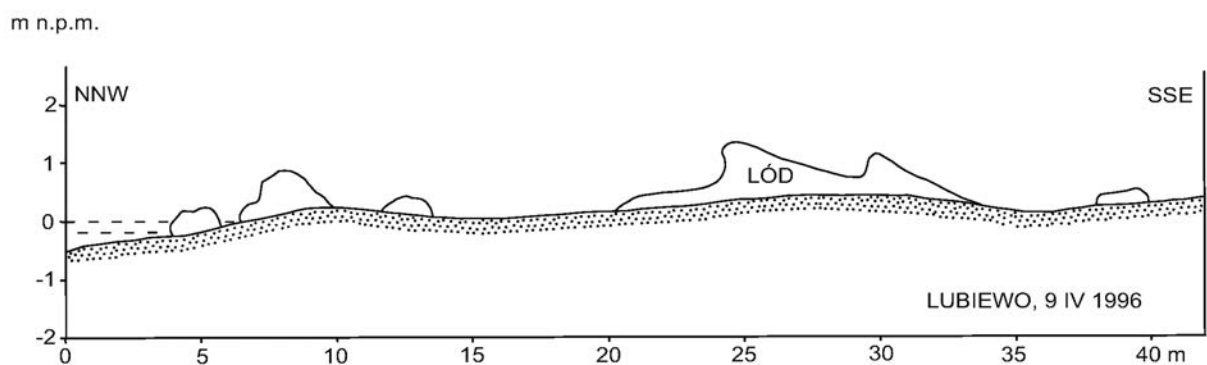
Rys. 8. Czterostopniowy wał śryżowy na brzegu Zatoki Pomorskiej (Świnoujście, 6 III 1987 roku)



Rys. 9. Zawietrzna strona wału śryżowego na brzegu Zatoki Pomorskiej (Międzyzdroje, 28 XII 2010 roku)



Rys. 10. Profil poprzeczny wałów śryżowych w strefie brzegowej Zatoki Pomorskiej (Międzyzdroje, 28 XII 2010 roku) [2]



Rys. 11. Profil poprzeczny topniejących fragmentów wałów śryżowych w strefie brzegowej Zatoki Pomorskiej (Lubiewo, 9 IV 1996 roku)



Rys. 12. Stary wał śryżowy z narzutem świeżego lodu (biały kolor) na brzegu Zatoki Pomorskiej (Międzyzdroje, 12 II 2012 roku)



Rys. 13. Podwietrzna strona wału śryżowego u podnóża klifu (Trzęsacz, 11 I 1979 roku)

menty topniejących wałów w strefie brzegowej w rejonie Lubiewa w dniu 9 kwietnia 1996 roku. Były one usytuowane na wyniosłościach plaży, głównie na ich zboczach podwietrznych.

Niekiedy, na starsze wały śryżowe może być narzucony przez fale świeży lód, np. rozdrobniony gruz lodowy (rys. 12). Może to być świeżo utworzony śryż, lepa lodowa czy rozdrobniony gruz lodowy. Na rysunku tym jest widoczny w części górnej, o jaśniejszym odcieniu, świeży lód pokrywający starszy wał zapiaszczony o odcieniu ciemniejszym. U podstawy tego wału zalega ściśnięty, o jaśniejszym odcieniu, rozdrobniony gruz lodowy.

Na początku sezonu lodowego podczas śnieżycy i znacznych spadkach temperatury powietrza poniżej 0°C oraz silnych doładowych sztormach wały śryżowe mogą osiągać znaczne wysokości. Na rys. 13 pokazano taki wał o wysokości około 5 m położony u stóp klifu w rejonie Trzęsacza w dniu 11 stycznia 1979 roku. Zbocze podwietrzne wału było prawie pionowe. W okresie słabnącego sztormu przed wysokim wałem utworzył się niewielki wał. Należy zauważyć, że podczas silnych doładowych wiatrów intensyfikuje się nie tylko falowanie, ale także wzrasta poziom wody. Efektem tego są wysokie wały położone z dala od brzegu u podnóża klifów czy wydmy.

U podstawy wału śryżowego występującego w zasięgu falowania jest wypłukiwana nisza zagrażająca jego stabilności. Na rys. 14 jest pokazana taka nisza o głębokości 1 ÷ 2 m, częściowo zamaskowana ściśniętym śryżem w rejonie Międzyzdrojów w dniu 28 grudnia 2010 roku. W okresie ocieplenia ($t_p > 0^\circ\text{C}$) i dalszego podmywania następują obrywy fragmentów lodu ze zbocza podwietrznego wału. Na rys. 15 pokazano fragment lodu odłamany od czoła wietrzejącego wału w rejonie Międzyzdrojów w dniu 5 lutego 2011 roku.

W zimach, podczas których tworzą się duże ilości śryżu i oddziaływania silnych wiatrów doładowych, dochodzi do stłoczenia lodu w strefie przybrzeżnej (rys. 16). Na rysunku tym pokazano fragmenty w postaci półwyspów stłoczonego śryżu z bruzdami w rejonie Gdańska Stogów w dniu 9 lutego

1985 roku. Miąższość stłoczonego lodu wynosiła $2 \div 3$ m. Od czoła półwyspów lodowych występowały fragmenty osiadłego wału śryżowego blokującego odpływ lodu. Podczas występowania wiatrów odładowych słabiej zakotwiczone fragmenty stłoczonego lodu odpłynęły w głąb morza.

WNIOSKI

Wały śryżowo-lepowe pojawiają się wzdłuż brzegu po utworzeniu się pierwszych postaci lodu (śryż, lepa lodowa) podczas występowania silnego wiatru z kierunków doładowych, głównie N i NE. W wyniku falowania śryż i lepa lodowa są wyrzucane na brzeg, tworząc charakterystyczny wał lub kilka równoległych do brzegu wałów lodowych.

Warunki meteorologiczne sprzyjające tworzeniu się wałów śryżowo-lepowych występują wówczas, kiedy od południowego Bałtyku na zachodzie, północnym zachodzie lub północy występuje wyż baryczny, a na wschodzie, południowym wschodzie lub południu – niż baryczny. Szczególnie południkowa rozciągłość układów barycznych sprzyja napływowi chłodnych mas powietrza z nad północnej Skandynawii lub północno-zachodniej Rosji.

Głównie w rejonach ujść rzecznych mogą utworzyć się wały z domieszką rozdrobnionego, w wyniku falowania, gruzu lodowego czy z samego rozdrobnionego gruzu lodowego. Takie wały śryżowo-gruzowe czy wały gruzowe mogą tworzyć się również w okresie ocieplenia ($t_p > 0^\circ\text{C}$) podczas występowania wiatrów z kierunków doładowych, głównie W i NW.

Wały śryżowo-lepowe czy śryżowo-gruzowe mają wysokość przeważnie do 3 m i szerokość kilku metrów. Ich zbocza podwietrzne są bardzo strome, przeważnie wklęsłe (nawisy, gzymsy), natomiast zbocza zawietrzne są stosunkowo łagodne o nachyleniu $20 \div 30^\circ$ zgodne z kątem usypu (*angle of slide*) tych postaci lodu.

Podczas silnych sztormów, wysokich poziomów wody i wysokich fal wały te mogą uformować się z dala od brzegu w głębi plaży, u podnóża wydym czy klifów. Wraz ze wzrostem poziomów wody i wysokości fal wzrasta wysokość wałów. Mogą one osiągać wysokość nawet do kilku metrów.

Najstarsze wały śryżowe mają ciemniejszy odcień w porównaniu z utworzonymi później. Są one bardziej zwiertzałe, uwiadczenia się zanieczyszczenia – piasek, osady organiczne, a nawet można znaleźć bursztyn. Ciemniejszy odcień mają również wały przeziębione zamarzającą wodą, bowiem zawierają mniej pęcherzyków powietrza. Jaśniejsze wały pojawiają się głównie w okresie dodatnich temperatur powietrza, np. z rozdrobnionego gruzu lodowego.

Przy dużej miąższości początkowych postaci lodu (śryżu, lepy) czy rozdrobnionego gruzu lodowego falowanie może być tłumione i nie powstaną wały. Wtedy dochodzi do ściśnięcia (stłoczenia) tych pływających postaci lodu. Taka pokrywa śryżowo-lepowa na morzu jest chropowata, przeważnie z bruzdami równoległymi do brzegu.

Na rozpad i zanik wałów śryżowych ma wpływ nie tylko ocieplenie ($t_p > 0^\circ\text{C}$), ale też podmywające działanie fal. Wały występujące w zasięgu falowania są podmywane u podstawy, gdzie tworzy się nisza, która pogłębiając się, doprowadza do ob-



Rys. 14. Nisza u podstawy wału śryżowego od strony podwietrznej na brzegu Zatoki Pomorskiej (Międzyzdroje, 28 XII 2010 roku)



Rys. 15. Odłam fragmentu topniejącego wału śryżowego na brzegu Zatoki Pomorskiej (Międzyzdroje, 5 II 2011 roku)



Rys. 16. Fragmenty pokrywy stłoczonego śryżu ze słabo widocznymi wałami śryżowymi na ich krawędziach w Zatoce Gdańskiej (Gdańsk Stogi, 9 II 1985 roku)

sunięcia się wału. W czasie sztormu i silnego falowania dochodzi do rozbicia wału na części wyglądem przypominające głazy. Te osiadłe formy lodowe występują dłużej niż lód pływający.

Wały śryżowo-lepowe nie mają wpływu na żeglugę. Mogą one jednak być przeszkodą i zagrożeniem dla jednostek rybackich stacjonujących na plaży oraz tamować odpływ małych rzek i kanałów do morza. Taki wał lodowy wzdłuż brzegu może też pełnić rolę specyficznej bariery czy falochronu osłaniającego brzeg przed abrazją.

LITERATURA

1. Girjatowicz J. P.: Structural variability of near-shore ice and its abrasive effects in sheltered and exposed areas. Late Glacial, Holocene and present-day evolution of the coastal geosystems of the Southern Baltic. K. Rotnicki and R. K. Borówka eds. Quaternary Studies in Poland. Special issue. Poznań 1999.
2. Girjatowicz J. P.: Forms of grease ice ridge on the Baltic Sea. Manuscript. Zakład Hydrografii i Gospodarki Wodnej, Uniwersytet Szczeciński, Szczecin 2015.
3. Jaworski W.: Badania Zatoki Pomorskiej i wód przyległych w latach 1965-66. Maszynopis. Obserwatorium Ujściowe w Świnoujściu, Świnoujście 1967.
4. Lutkovskij S. V.: Obrazovanie l'da v ozerach, rekach i morjach. Izdatel'stvo Akademii Nauk SSSR, Moskva 1957.
5. Mapy meteorologiczne Europy. Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Gdynia 1980 i 1987.
6. Reinhard, H.: Eispressungen an der Küste. Wissenschaftliche Zeitschrift der Ernst Moritz Arndt – Universität Greifswald, 4 (6/7), 1955.