

Rodzaje spiętrzeń lodowych na brzegach polskiego Bałtyku

Prof. dr hab. Józef Piotr Girjatowicz

Uniwersytet Szczeciński, Instytut Nauk o Morzu i Środowisku

Strefa brzegowa charakteryzuje się najintensywniejszą dynamiką zjawisk lodowych. Przejawia się ona najczęściej pojawianiem się tam spiętrzeń lodowych. Brzeg morza jest największą przeszkodą dla dryfującego lodu, który nasuwając się na ląd lub wyrzucany przez fale na brzeg ulega spiętrzeniu. Spiętrzeniom lodowym sprzyja dominacja lodu dryfującego (pływającego).

U polskich brzegów Bałtyku znacznie częściej występuje lód dryfujący niż lód stały [3, 4, 17]. Do lodu dryfującego można zaliczyć wiele różnych postaci lodu, jak: zawiesina kryształków lodu, śryż, lepa lodowa, lepa śnieżna, krążki lodowe, kra lodowa, gruz lodowy czy pole lodowe [23, 24, 25].

Tworzenie się lodu jest generowane warunkami meteorologicznymi i hydrologicznymi. Na polskim wybrzeżu najczęściej pojawiają się zimy łagodne [7, 18, 22], które nie sprzyjają tworzeniu się stałych pokryw lodowych. Podczas tych zim tworzą się drobne pływające postacie lodu, głównie śryż, lepa lodowa i krążki lodowe, z których na brzegu mogą tworzyć się spiętrzenia lodowe w postaci lodu stłoczonego (ściśniętego) lub uformowane w wały. Spiętrzenia w postaci wału, zbudowane z drobnego lodu, nazwano wałami śryżowymi (*grease ice ridges* [5, 8]). Z tego drobnego lodu, oprócz wyraźnych wałów śryżowych, tworzą się również bezładne formy stłoczonego śryżu i lepy lodowej. Stłoczeniu ulegać może również drobna kra, krążki lodowe i gruz lodowy, tworząc niskie formy spiętrzonego lodu. Taki stłoczony (ściśnięty) lód ma postać bruzd, wybrzuszeń czy pofałdowań. Z drobnej kry i gruzu lodowego mogą formować się również wały lodowe (*ridge ice*). Mają one postać podłużnego usypiska pojawiającego się głównie między polami lodowymi oraz między dużymi krami lodowymi [10, 12, 16], a także w strefie brzegowej. W wyniku nasuwania się dużych postaci lodu mogą tworzyć się też zwały lodowe (*hummock ice*) [1, 6, 13].

Lód spiętrzony występujący na brzegu nie ma większego wpływu na żeglugę i rybołówstwo. Jednak takie zjawiska lodowe mają szkodliwe oddziaływanie na strefę brzegową i posadowione tam obiekty. Wały śryżowe, lód stłoczony czy zwały lodowe tamują odpływ rzek i kanałów do morza, wywołując podtopienia. Blokują one także funkcjonowanie plażowych baz rybackich, uniemożliwiając wyprowadzanie łodzi rybackich na morze [12]. Jeszcze większe szkody mogą poczynić nasuwające się pola lodowe (tafle lodowe) na brzeg, destrukcyjnie oddziałując na obiekty hydrotechniczne i inne budowle [15, 19, 22]. Nasuwające się na brzeg pola lodowe powodują zdzieranie skarp, podcinanie klifów i niszczenie różnych innych form oraz budowli brzegowych [2]. Z drugiej strony, wały śryżowe czy inne rodzaje spiętrzonego lodu uformowane na brzegu mogą blokować nasuwanie się tafli lodowych na brzeg (w głąb lądu). Mogą też stabilizująco oddziaływać na brzeg i wydmy, osłaniając je przed erozją, a także ochraniając obiekty przed destrukcyjnym oddziaływaniem nasuwających się pól lodowych. Spiętrzenia te osiadłe na mieliznach i na brzegach oddziałują jak swoisty falochron, hamując procesy brzegowe przed abrazyjną działalnością fal [9].

Jako cel pracy przyjęto przedstawienie różnych postaci lodu spiętrzonego oraz uwarunkowań, w jakich one powstają na brzegach polskiego Bałtyku.

MATERIAŁY I METODY

W pracy wykorzystano własny materiał obserwacyjny i pomiarowy dotyczący spiętrzeń lodowych uzyskany podczas badań terenowych na brzegach polskiego Bałtyku w latach 1979-2012. Mierzono grubość różnych rodzajów spiętrzonego lodu na odcinkach prostopadłych do linii brzegowej, na podstawie których sporządzono przekroje lodowe. Takie przekroje lodowe dobrze ukazują strukturę pokrywy lodowej wraz z wszelkimi formami lodu spiętrzonego [10, 14, 20]. Badaniami objęto brzegi w rejonach: Świnoujście, Międzyzdroje, Dziwnówek, Trzęsacz, Rewal, Mrzeżyno, Hel, Rewa i Świbno. Do pomiarów użyto ręcznego świdra do lodu, łaty lodowej, taśmy mierniczej,

kompasu i odbiornika GPS. W pracy wykorzystano również dokumentację fotograficzną w celu ukazania różnych rodzajów spiętrzonego lodu, a zwłaszcza ich zboczy – podwietrznych (od strony morza) i zawietrznych (od strony lądu). W rezultacie można było wyróżnić takie spiętrzenia lodowe jak: lód stłoczony, wały śryżowe, wały lodowe i zwały lodowe.

RODZAJE LODU SPIĘTRZONEGO

Lód stłoczony

Lód stłoczony (*pressured ice*) w strefie brzegowej może pojawiać się wzdłuż brzegu, przed budowlami hydrotechnicznymi, przed innymi postaciami lodu, jak przed stałym lodem brzegowym, przed wałami śryżowymi, wałami lodowymi lub zwałami lodowymi, czy przed innymi przeszkodami. Zbudowany jest on z drobnych pływających postaci lodu, jak śryż, lepa lodowa, lepa śniegowa, krążki lodowe, drobna kra czy gruz lodowy. Są to stłoczone (ściśnięte) formy lodu spiętrzonego bez wyraźnie określonej topografii. Mają one postać bruzd, wybrzuszeń, po-



Rys. 1. Stłoczony śryż i lepa lodowa z bruzdami na powierzchni od strony morza w rejonie Mrzeżyna (26 II 1987 rok)



Rys. 2. Stłoczony śryż i lepa lodowa z wybrzuszeniami od strony morza w rejonie Międzyzdrojów (28 XII 2010 rok)



Rys. 3. Stłoczona drobna kra i gruz lodowy na Zatoce Gdańskiej w rejonie Świbna (13 III 1987 roku)

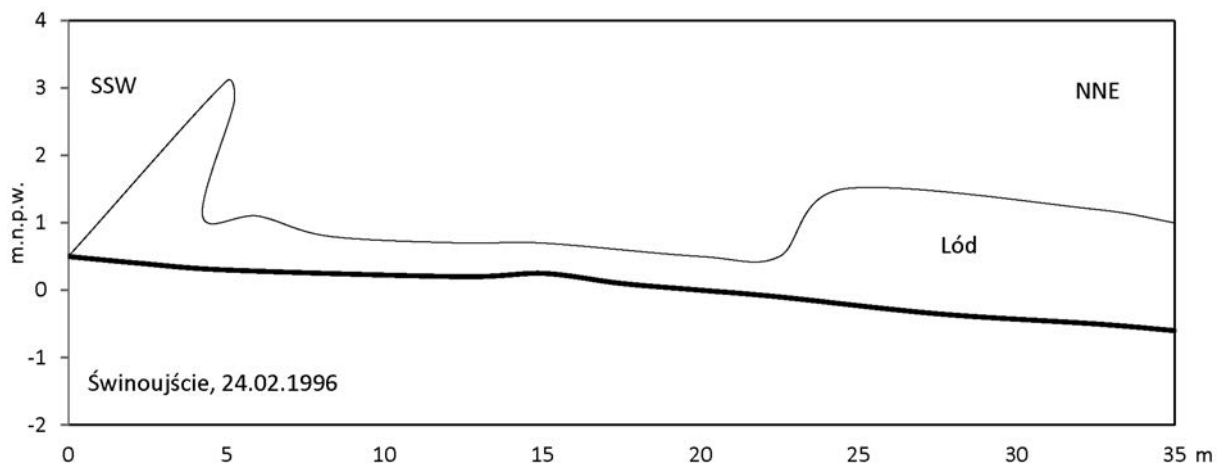
fałdowań czy chaotycznie rozmieszczonego skumulowanego lodu o wysokości przeważnie kilkudziesięciu centymetrów nad poziomem wody.

Ze względu na rodzaj lodu, z którego jest on zbudowany, można wyróżnić stłoczony śryż i lepę lodową (rys. 1 i 2) oraz stłoczoną drobną krę i gruz lodowy (rys. 3). Na rys. 1 pokazano

stłoczony śryż i lepę lodową z wyraźnymi bruzdami (od strony morza) równoległymi do wału śryżowego w rejonie Mrzeżyna. Natomiast na rys. 2 pokazano stłoczony śryż i lepę lodową z wyrzyszeniami przed wałem śryżowym w rejonie Międzyzdrojów. Z kolei na rys. 3 widoczna jest stłoczona drobna kra i gruz lodowy z chaotycznie rozmieszczonym skumulowanym lodem w rejonie Świbna. Czynnikiem piętrzącym mogą być: bezpośrednie działanie wiatru na powierzchnię lodu (naprężenia styczne), prądy lub falowanie.

Wał śryżowy

Wał śryżowy (*grease ice ridge*) tworzy się na brzegu, a także na plaży, przy wyższych poziomach wody. Zbudowany jest on ze śryżu, lepy lodowej i/lub z lepy śnieżnej podczas opadu śniegu. Wał śryżowy powstaje podczas występowania silnego wiatru i falowania doładowego (z kierunków północnych). Podczas falowania te drobne postacie lodu są wyrzucane na brzeg, przyjmując postać wału. Zbocze podwietrzne wału śryżowego jest strome, często wklęsłe, wypłukiwane przez fale. Fale, mimo stromizny wału, przerzucają drobny lód wraz z bryzgami wody na stronę zawietrzną. Zbocze zawietrzne jest łagodniejsze,



Rys. 4. Wał śryżowy na plaży i stłoczony śryż, lepą lodową oraz gruz lodowy w strefie brzegowej w rejonie Świnoujścia (24 II 1996 rok)



Rys. 5. Jednogrzbietowy wał śryżowy z chropowatą stałą pokrywą lodową od strony morza w rejonie Helu (12 III 1987 rok)



Rys. 6. Czterogrzbietowy (czterostopniowy) wał śryżowy na plaży w rejonie Mrzeżyna (26 II 1987 rok)

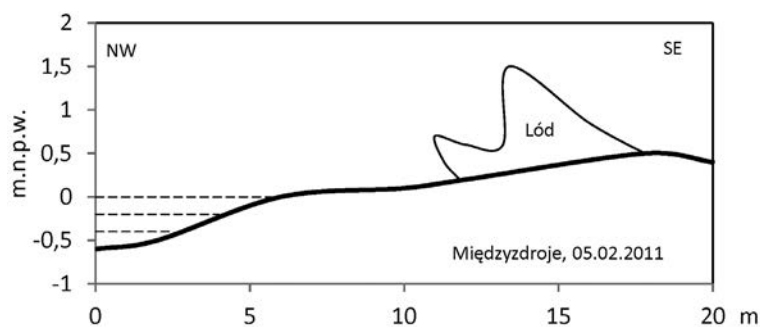
zgodnie kątem naturalnego usypu śryżu i lepy lodowej (rys. 4). Należy zauważyć, że formy kuliste lepy lodowej będą budować zbocze zawietrzne o mniejszym nachyleniu. Na rys. 4 pokazano poprzeczny przekrój wału śryżowego oraz stłoczonego śryżu i lepy lodowej. Od strony lądu widoczny jest wał śryżowy o wysokości 3,1 m. Charakteryzuje się on wklęsłym zboczem podwietrznym oraz łagodniejszym o jednakowym nachyleniu zboczu zawietrznym. Od strony morza występuje natomiast stłoczony śryż i lepa lodowa o miąższości około 1,8 m. Pomiędzy tymi formami spiętrzonego lodu zalega pokrywa lodowa ze



Rys. 7. Wał śryżowy o pofalowanym zboczu podwietrznym w głębi plaży w rejonie Rewala (11 I 1979 rok)

śryżu i lepy lodowej o długości 18 m i grubości $0,5 \div 0,7$ m. Wysokość wału śryżowego zależy głównie od siły wiatru, wysokości falowania i poziomów wody oraz od rzeźby podłoża. Im większa jest siła wiatru oraz wysokość fal i poziomów wody, tym wał jest wyższy. Zwykle wyższe spiętrzenia lodu występują w głębi plaży (dalej od brzegu). Stopniowe obniżanie się grzbietów wału śryżowego ku morzu związane jest nie tylko z obniżaniem się terenu ku morzu, ale też ze słabnącym sztormem. Obserwowane wały śryżowe na polskich brzegach mają przeważnie wysokość $2 \div 3$ m.

Można wyróżnić jednogrzebietowy (rys. 5), dwugrzebietowy, a nawet wielogrzebietowy (wielostopniowy, rys. 6) wał śryżowy. Na rys. 5 pokazano jednogrzebietowy wał śryżowy o wysokości $2 \div 3$ m w rejonie Helu. Przed tym wałem występuje stała pokrywa lodowa ze śryżu, lepy lodowej i krążków lodowych (śryżowych). Natomiast na rys. 6 widoczny jest czterogrzebietowy wał śryżowy o wysokości rosnącej w kierunku lądu w rejonie Mrzeżyna. Z kolei na rys. 7 pokazano wysoki (około 5 m) wał śryżowy z pofalowanym zboczem podwietrznym w rejonie Rewala. Wał ten uformował się w głębi plaży (u podnóża klifu). Przed wałem tym (od strony morza) plaża pokryta jest grubą warstwą śniegu. W okresie ocieplenia następuje topnienie wału śryżowego, którego resztki mogą nawiązywać do jego pierwotnego wyglądu (rys. 8). Na rys. 8 pokazano przekrój poprzeczny dwugrzebietowego wału śryżowego silnie zerodowanego od strony podwietrznej. Podczas falowania wał ten był erodowany u podstawy. W okresie tym podczas silnego falowania następu-



Rys. 8. Resztki zwięzłego wału śryżowego na plaży w rejonie Międzyzdrojów (5 II 2011 rok).



Rys. 9. Podmywany wał śryżowy przez fale na brzegu w rejonie Dziwnówka (23 II 2012 rok)



Rys. 10. Wał lodowy na rewie w rejonie Trzęsacza (11 I 1979 rok)

je wypłukiwanie głębokiej niszy u podstawy wału sryżowego (rys. 9). W konsekwencji dochodzi do zaburzenia równowagi i obalenia się tego wału, a podczas sztormu ulega on rozbiciu na oddzielne części (tak zwane głązy lodowe).

Wał lodowy

Wał lodowy (*ridge ice*), wśród różnych postaci lodu spiętrzonego, jest najczęściej występującym spiętrzeniem na wodach morza Bałtyckiego. Stanowi on poważną przeszkodę na otwartych wodach dla żeglugi. U polskich brzegów Bałtyku spotyka się przeważnie jego osiadłe formy na brzegach czy na rewach. Są to podłużne usypiska drobnej kry i gruzu lodowego pochodzącego z obłamywania krawędzi dużej kry lub pól lodowych w procesie parcia lodu. W strefie brzegowej występują one między dużą krą/polem lodowym a stałym lodem brzegowym lub brzegiem (rewą). Zbocza wału lodowego – podwietrzne i zawietrzne – są o podobnej długości i nachyleniu. Czynnikiem piętrzącym są prądy oraz bezpośrednie działanie wiatru na górną powierzchnię lodu (naprężenia styczne). Łód spiętrzony w postaci wału lodowego utworzonego na rewie koło Trzęsacza pokazano na rys. 10. Jego wysokość dochodziła do około 2 m, a zbocze podwietrzne nie różniło się zasadniczo od zbocza zawietrzznego. Wał ten powstał w wyniku naporu pola lodowego od strony morza.

Zwał lodowy

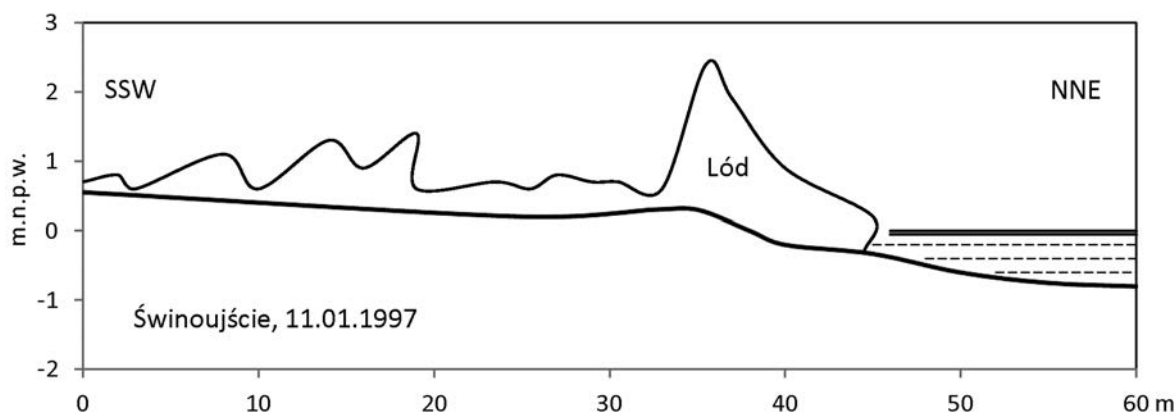
Topografia zwału lodowego (*hummock ice*) wyraźnie różni się od pozostałych postaci spiętrzonego lodu. Różnice dotyczą głównie wyglądu zboczy. Zbocze podwietrzne zwału jest stosunkowo łagodne. Początkowo nieznacznie wznosi się, a bliżej wierzchołka przeważnie staje się bardziej strome (rys. 11). Na rys. 11 pokazano łagodne, stopniowo wznoszące się ku wierzchołkowi zbocze podwietrzne zwału lodowego zbudowane z kry (z taflí lodowych) na Zatoce Puckiej (zewnętrznej) w rejonie Rewy. U podstawy zwału widoczna jest szczelina oddzielająca osiadłą (nieruchomą) część zwału od części ruchomej (pływającej). Natomiast na rys. 12 widoczne jest zbocze zawietrzne zwału lodowego w rejonie Międzyzdrojów. Jest ono krótsze, o jednakowym nachyleniu i bardziej strome, zgodnie z kątem naturalnego usypu gruzu lodowego. Gruz lodowy pochodzi z obłamywania nasuwających się od strony podwietrznej taflí lodowych (kry/pola lodowego). Przesuwająca się tafla lodowa na stronę zawietrzną w części wierzchołkowej obłamuje się i osypuje tam pod własnym ciężarem. Natomiast na rys. 13 pokazano poprzeczny przekrój zwału lodowego z widocznymi zboczami – podwietrznym i zawietrznym oraz czterogrzbietowy wał sryżowy. Od strony morza widoczny jest zwał lodowy z dłuższym, coraz bardziej wznoszącym się zboczem podwietrznym i krótszym o jednakowym nachyleniu zboczu zawietrznym. Od strony lądu występują niewysokie grzbiety wału sryżowego.



Rys. 11. Podwietrzne zbocze zwału lodowego na zewnętrznej Zatoce Puckiej w rejonie Rewy (10 III 1986 rok)



Rys. 12. Zawietrzne zbocze zwału lodowego w rejonie Międzyzdrojów (20 III 1985 rok)



Rys. 13. Wał sryżowy na plaży oraz zwał lodowy na brzegu w rejonie Świnoujścia (11 I 1997 rok)

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

U polskich brzegów Bałtyku można zaobserwować dość zróżnicowane postacie spiętrzeń lodowych. Niektóre z nich odróżniają się charakterystyczną topografią, stąd można zakwalifikować je do określonego rodzaju spiętrzenia lodowego. Kryterium umożliwiające rozróżnienie rodzajów spiętrzeń lodowych to głównie topografia zboczy podwietrznych i zawietrznych, rodzaje lodu, z którego są one zbudowane, oraz czynniki wywołujące piętrzenie lodu. Na tej podstawie można wyróżnić lód stłoczony (*pressure ice*), wał śryżowy (*grease ice ridge*), wał lodowy (*ridge ice*) i zwał lodowy (*hummock ice*).

Lód stłoczony to ściśnięte (stłoczone) i nieznacznie wyniesione do góry, zwykle do 1 m nad poziom wody, drobne postacie lodu, jak: śryż, lepa lodowa, lepa śnieżna, krążki lodowe, drobna kra czy gruz lodowy. Ten spiętrzony lód jest chaotycznie rozmieszczony bez wyraźnie określonej topografii, o nierównej powierzchni, z bruzdami, wyrzuseniami czy pofałdowaniami. Czynniki piętrzącymi mogą być: bezpośrednie działanie wiatru na powierzchnię lodu (naprężenie styczne), prądy, jak i falowanie.

Wał śryżowy to podłużne usypisko śryżu i lepy lodowej/śnieżnej wyrzucanej przez fale na brzeg. Jego wysokość może wynosić nawet kilka metrów nad poziom wody, zwłaszcza po silnym sztormie (falowaniu) i zależy głównie od wysokości fal, wysokości poziomów wody oraz od ukształtowania podłoża. Zbocze podwietrzne takiego wału jest strome, często wklęsłe, niekiedy z gzymsem lodowym. Natomiast zbocze zawietrzne jest łagodniejsze, o jednakowym nachyleniu, zgodnie z kątem naturalnego usypu śryżu i lepy lodowej.

Wał lodowy to podłużne usypisko drobnej kry i gruzu lodowego występującego między dużą krą/polem lodowym a stałym lodem przybrzeżnym lub brzegiem. Jego wysokość wynosi przeważnie $1 \div 3$ m nad poziom wody. Zbocza podwietrzne i zawietrzne takiego wału nie różnią się zasadniczo między sobą. Czynniki piętrzącymi są prądy i bezpośrednie działanie wiatru na powierzchnię lodu (naprężenia styczne).

Zwał lodowy powstaje w wyniku nasuwania się pola lodowego/dużej kry na jakąkolwiek przeszkodę. Może to być: stały lód brzegowy, spiętrzony lód czy brzeg. Jego wysokość wynosi powyżej 2 m, przeważnie kilka metrów nad poziom wody. Zbocza zwału wyraźnie różnią się między sobą. Zbocze podwietrzne, zbudowane przeważnie z tafli lodowych, jest dłuższe, początkowo łagodne i wraz z wzrostem wysokości zwiększa się jego stromizna – nawet do pozycji pionowej. Natomiast zbocze zawietrzne, zbudowane z gruzu lodowego, jest krótsze, o jednakowym nachyleniu, zgodnie z kątem naturalnego usypu. Czynnikiem piętrzącym jest bezpośrednie działanie wiatru na powierzchnię pola lodowego/dużej kry lodowej.

Nie wszystkie spiętrzenia lodowe można łatwo zakwalifikować do określonego rodzaju, zwłaszcza spiętrzenia o niedokończonych budowie, nadbudowane czy zdeformowane (zwietrzałe). Mogą to być formy pośrednie, jak na przykład stłoczony śryż i lepa lodowa/śnieżna przechodząca w wał śryżowy, albo wał lodowy przechodzący w zwał lodowy.

W strefie brzegowej występuje duża różnorodność form lodu spiętrzonego. Lód spiętrzony może różnić się nie tylko postacią,

ale także: rodzajem budulca, wysokością, szerokością, długością, nachyleniem zboczy, liczbą grzbietów (stopni), odległością od linii brzegowej, zróżnicowanym stopniem rozwoju lub zwietrzienia, czasem pojawiania się czy barwą (wytopione osady). Najwcześniej pojawia się stłoczony śryż i lepa lodowa/śnieżna oraz wał śryżowy.

Lód spiętrzony może nie tylko ochraniać brzeg, wydmy czy klify przed abrazją sztormową, ale także może tamować odpływ rzek i kanałów do morza, przyczyniając się do wzrostu poziomu wody. Może też blokować porty i plażowe przystanie rybackie, a nawet uszkadzać lub niszczyć urządzenia i budowle hydrotechniczne.

LITERATURA

1. Alestalo J., Häikiö J.: Ice features and ice-thrust shore forms at Luodon-selkä, Gulf of Bothnia in winter 1972/73. Fennia 144, Helsinki 1976.
2. Basiński T., Pruszek Z., Tarnowska M., Zeidler R.: Ochrona brzegów morskich. Wyd. Instytutu Budownictwa Wodnego PAN, Gdańsk 1993.
3. Dziadziuszko Z., Majewski A.: Złodzenie. [W:] Zatoka Gdańska, A. Majewski (red.), Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa 1990.
4. Girjatowicz J. P.: Atlas złodzenia wód polskiego wybrzeża Bałtyku. Wyd. Akademii Rolniczej w Szczecinie, Szczecin 1990.
5. 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, R. K. Borówka (ed.), Quaternary Studies in Poland, Special issue 1999.
6. Girjatowicz J. P.: Zjawiska deformacji pokryw lodowych na wybrzeżu polskim. Przegląd Geofizyczny 46, 1-2, 2001.
7. Girjatowicz J. P.: Katalog złodzenia i warunków termicznych polskiego wybrzeża. Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin 2007.
8. Girjatowicz J. P.: Forms of grease ice ridges on south coast of the Baltic Sea. Oceanological and Hydrobiological Studies 45, 3, 2016.
9. Giżejowski J., Rudowski S.: Struktury sedymentacyjne związane ze złodzeniem plaż w klimacie umiarkowanym i polarnym. [W:] Geologia i Geomorfologia Pobreża i południowego Bałtyku 2, W. Florek (red.), Słupsk 1995.
10. Kankaanpää P.: Distribution, morphology and structure of sea pressure ridges in the Baltic Sea. Fennia 175, 2, Helsinki 1997.
11. Keinonen A.: The shape and size of ice ridges in the Baltic according to measurements and calculations. Styrelsen för Vintersjöfartsforskning, Research Report 17, Helsinki 1976.
12. Kocur M.: Zabezpieczenie inżynierskie desantu morskiego w warunkach zimowych. Przegląd Morski 12, 1978.
13. Kraus E.: Über Eisschubberge. III Hydrologische Konferenz der Baltischen Staaten, Warschau 1930.
14. Leppäranta M.: Ice thickness mapping in the Baltic Sea. Publicationes Instituti Geographici Universitatis Tartuens 84, Tartu 1999.
15. Leppäranta M.: Land-ice interaction in the Baltic Sea. Estonian Journal of Earth Sciences 62, 1, 2013.
16. Leppäranta M., Hakala R.: The structure and strength of first-year ice ridges in the Baltic Sea. Cold Regions Science and Technology 20, 3, 1992.
17. Majewski A.: Złodzenie [W:] Bałtyk Południowy, B. Augustowski (red.), Wydawnictwo PAN, Wrocław 1987.

18. Majewski A., Lauer Z. (red.): Atlas Morza Bałtyckiego. Wydawnictwo Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Warszawa 1994.
19. Onoszko J.: Niektóre problemy zlodzenia morskiej strefy brzegowej oraz oddziaływania lodu na budowle hydrotechniczne. Inżynieria Morska 3, 1987.
20. Palosuo E.: The formation and Structure of Ridges in the Baltic. Styrelsen för Vintersjöfartsforskning, Research Report 12, Helsinki 1975.
21. Reinhard H.: Eispressungen an der Küste. Wissenschaftliche Zeitschrift der Ernst Moritz Arndt – Universität Greifswald 4, 6/7, Greifswald 1955.
22. Sztobryn M., Kowalska B., Letkiewicz B.: Ocena zlodzenia polskiej strefy przybrzeżnej, [W:] Środowisko polskiej strefy południowego Bałtyku, J. Cyberski (red.), Wydawnictwo Gdańskie Towarzystwo Naukowe, Gdańsk 2004.
23. Terminologia lodów morskich WMO. Wydawnictwo Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Warszawa 1981.
24. WMO SEA-ICE Nomenclature. WMO-No. 259, vol.1, Tp. 145, Geneva – Switzerland 1970.
25. Zakrzewski W.: Lody na morzach. Wydawnictwo Morskie, Gdańsk 1983.

PODZIĘKOWANIE: Dziękuję Bogu za opiekę i doświadczenia podczas 50-letnich moich badań na polach lodowych u południowych brzegów Bałtyku. Dziękuję Redakcji i anonimowym Recenzentom za uwagi, które przyczyniły się do ulepszenia moich prac.