

## ZŁODZENIE HORNSUNDU (SPITSBERGEN) W SEZONIE ZIMOWYM 2008-2009

ICE CONDITIONS IN HORNSUND (SPITSBERGEN) DURING WINTER SEASON 2008-2009

Grzegorz Kruszewski

Katedra Meteorologii i Oceanografii Nautycznej WN, Akademia Morska  
ul. Sędzickiego 19, 81–374 Gdynia  
krucha@am.gdynia.pl

**Zarys treści.** Sezon lodowy 2008/2009 zaczął się w trzeciej dekadzie października, przy czym spadki temperatury powietrza poniżej zera notowano od końca września. Na wodach fiordu w okresie lipiec – wrzesień odnotowywano jedynie postacie lodu lodowcowego. Dopiero spadki temperatury w listopadzie umożliwiły tworzenie się lodu autochtonicznego w strefie brzegowej. W tym samym czasie do fiordu zaczął okresowo napływać także lód dryfujący z Prądem Sorkapskim. Pokrycie fiordu lodem o dużej zawartości wystąpiło w kilku epizodach, przerywanych kilkudniowymi aktami przynajmniej częściowego odpływania lodu z Hornsundu. Zwarty i bardzo zwarty lód występowała na praktycznie całej powierzchni fiordu w drugiej dekadzie grudnia, pierwszej i drugiej stycznia, lutym, marcu, pierwszej połowie kwietnia i przez kilka dni w maju. Stała pokrywa lodowa utworzyła się poza Isbjornhamną jedynie w skrajnie wschodniej części fiordu, gdzie pod Brepollen przetrwała do pierwszych dni lipca.

**Słowa kluczowe:** lód morski, sezon lodowy, temperatura wody morskiej, Hornsund, Spitsbergen.

### 1. Wprowadzenie

Warunki lodowe w Hornsundzie pozostają pod wpływem zarówno temperatury powietrza, która decyduje o możliwości tworzenia się lodu *in situ*, jak też dryfu lodów z poza fiordu, okresowo wnoszonych na ten akwen głównie pod wpływem warunków anemometrycznych i prądów pływowych. Aby mogło dojść do sytuacji napływu lodu allochtonicznego, musi on wcześniej zdryfować z Prądem Sorkapskim na przedpole Hornsundu, by następnie w sprzyjających warunkach wejść do fiordu. Sytuacja odwrotna – wyprowadzanie lodu z fiordu – jest możliwa także tylko wtedy, gdy lodu u wejścia do fiordu brak, lub cechuje się on stosunkowo niewielką zawartością. Lód autochtoniczny powstaje zazwyczaj w zatokach wewnętrznych, w partiach osłoniętych przed falowaniem i pokrywa stosunkowo niewielką powierzchnię. Oprócz lodu morskiego w Hornsundzie praktycznie przez cały rok spotkać można różne formy lodu lodowcowego. Warunki lodowe Hornsundu i jego przedpola opisane zostały w szeregu prac: Görlich i Stepko (1992), Styszyńska i Buchert (2004, 2005), Styszyńska i Kowalczyk (2007), Styszyńska i Rozwadowska (2008), Styszyńska (2009), w których można się zapoznać szczegółowo z prawidłowościami rozwoju i zaniku pokrywy lodowej w poszczególnych latach.

W trakcie XXXI Wyprawy Polarnej PAN obserwacje lodowe w Hornsundzie były kontynuowane przez Elżbietę Majchrowską i Witolda Kaszki. Rejestracja obejmowała codzienne pomiary temperatury wody morskiej w strefie brzegowej (rejon Banachówki) i opisowe określanie stanu zlodzenia Isbjornhamny. Ponadto obserwatorzy w miarę możliwości mieli sporządzać na podkładach kartograficznych szkice sytuacji lodowej w Hornsundzie i Isbjornhamnie w okresach znaczących zmian, zawierające informacje o położeniu i zwartości lodu oraz jego stadiach rozwojowych. Niestety, zebrany materiał kartograficzny w niewielkim stopniu odpowiada założeniom programu badawczego. W większości przypadków na szkicach brak informacji o zwartości lodu, natomiast używane nazewnictwo nie odpowiada często terminologii lodów morskich WMO (1970, 1989), co wprowadza dodatkowe problemy interpretacyjne jeżeli chodzi o stadium rozwojowe (grubość) lodu. W trakcie trwania wyprawy wykonano 19 szkiców sytuacyjnych rejonu Isbjornhamny i 10 całego fiordu. Wszystkie te sytuacje udokumentowane zostały fotografiami, wykonanymi z rejonu Fugleberget lub Arikammen. W roku 2008 wykonano jedynie szkice sytuacji w Isbjornhamnie (10 i 23 lipca; 1, 17 i 26 sierpnia; 25 września; 10, 21 i 23 października oraz 3 listopada). Po skończeniu się nocy polarnej obserwacje wznowiono w końcu lutego 2008. Tym razem materiał obejmuje szkice całego fiordu i Isbjornhamny, pochodzące z tego samego dnia. Poszczególne szkice wykonano w dniach: 26 lutego; 15 i 24 marca; 13 i 28 kwietnia; 17 i 26 maja oraz 13 i 21 czerwca.

W związku z brakami obserwacji z okresu nocy polarnej jak też niepełną informacją, zwłaszcza o stadiach rozwojowych lodu, w pracy wykorzystano dodatkowo materiały (mapy lodowe) wydawane przez Norweski Instytut Meteorologiczny (<http://polarview.met.no/>) oraz amerykański National Ice Center (<http://www.natice.noaa.gov/products/arctic/index.htm>), pomocne zwłaszcza w rozpoznaniu sytuacji w rejonie przedpola fiordu.

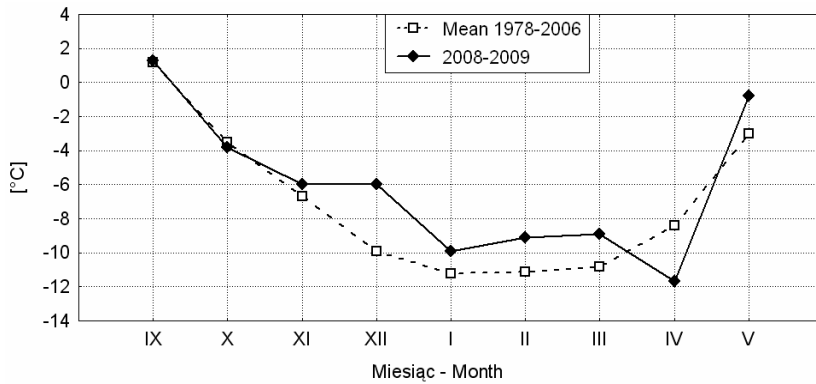
## **2. Warunki meteorologiczne i hydrologiczne w sezonie 2008/2009**

Warunki termiczne, sprzyjające tworzeniu się pokrywy lodowej pojawiają się w Hornsundzie zazwyczaj w październiku i utrzymują do maja. W roku 2008 spadki średniej dobowej temperatury powietrza poniżej zera odnotowano w trzeciej dekadzie września, a średnia temperatura miesięczna była ujemna przez okres od października do maja (ryc. 1). We wrześniu i październiku temperatura nie odbiegała istotnie od wartości wieloletnich. W kolejnych pięciu miesiącach była wyraźnie wyższa od normy z lat 1978-2006, przy czym najmniejsze odstępstwo odnotowano w listopadzie (+1,0), a największe w grudniu (+4,5 deg). Wyraźnie chłodniejszy był natomiast kwiecień, z temperaturą o 3,0 deg niższą niż wieloletnia. Temperatura maja ponownie okazała się wyższa od wieloletniej (o 2,3 deg). Taki przebieg warunków termicznych zdaje się potwierdzać obserwowane także w kilku poprzednich sezonach przesuwanie się minimum rocznego na koniec zimy (Styszyńska 2009).

W przebiegach dobowych pierwsze spadki temperatury poniżej zera zaobserwowano dopiero w trzeciej dekadzie września, a w ostatniej dekadzie października temperatura dobowa zaczęła regularnie spadać poniżej -5°C. Kolejne naprzemienne okresy spadków i wzrostu temperatury do wartości nieznacznie poniżej 0°C nie sprzyjały silnemu wychładzaniu się wody na otwartych akwenach i tworzeniu się lodu poza strefą brzegową w listopadzie i grudniu. Sprzyjające warunki pojawiły się dopiero w pierwszej połowie stycznia, kiedy temperatura spadła do poziomu -15 ÷ -20°C (ryc. 2).

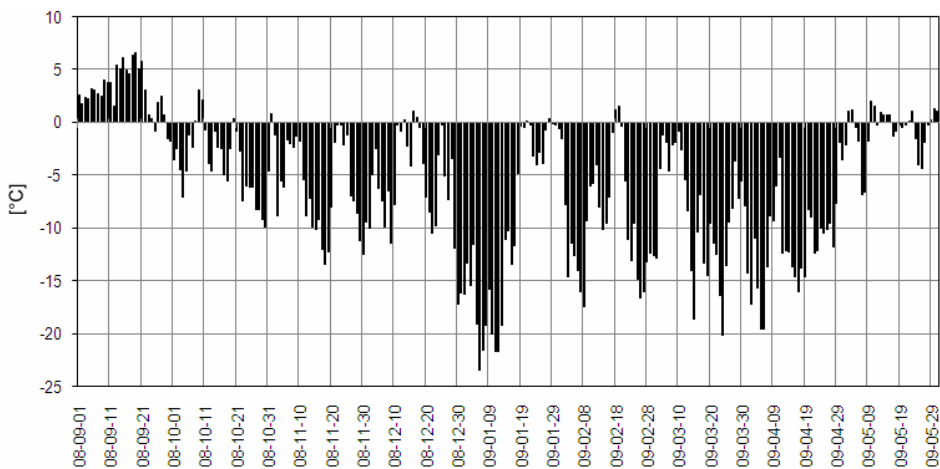
O przyroście lodu na grubość decyduje w znacznej mierze suma ujemnych średnich dobowych wartości temperatury powietrza (stopnio-dni mrozu). W oparciu o nią można oszacować przyrost

grubości pokrywy lodu stałego. Dane dla sezonu 2008/2009 i wielolecia zawiera tabela 1. Według obliczeń w końcu października lód stały mógł mieć grubość około 16 cm, a na przełomie listopada i grudnia około 30 cm, a więc grubości zbliżone do przeciętnych. Niestety stosowane przez obserwatorów nazewnictwo stadiów rozwojowych, niezgodne z wytycznymi, nie pozwala się odnieść do tych wartości. Podobne teoretyczne grubości lodu podawane były także dla wybrzeża Spitsbergenu na mapach amerykańskich (35 cm w końcu listopada). Końcowa grubość lodu mogła teoretycznie osiągnąć 95 cm.



Ryc. 1. Przebieg średniej miesięcznej temperatury powietrza (TP) okresu wrzesień – maj w Hornsundzie w sezonie 2008/2009 na tle wartości średnich wieloletnich (Mean 1978-2006)

Fig. 1. Course of mean monthly air temperature (TP) at Hornsund station (September to May) during season 2008/2009 as compared to multiyear condition (Mean 1978-2006)



Ryc. 2. Przebieg średniej dobowej temperatury powietrza w Hornsundzie w okresie 01.09.2008 – 31.05.2009

Fig. 2. Course of mean daily air temperature at Hornsund station in the period 1 September 2008 – 31 May 2009

Tabela 1 – Table 1

Miesięczne sumy stopnio-dni mrozu w Hornsundzie i teoretyczny przyrost grubości lodu stałego (bez pokrywy śnieżnej) obliczony według formuły Zubova, w sezonie 2008/2009 oraz wieloletni (1978-2006)

Monthly sums of Frost degree-day and theoretical increase in fast ice thickness (without snow cover) calculated with the Zubov formula, during the season 2008/2009 and multiyear period (1978-2006)

Miesiąc Month	Sezon 2008-2009 – Season 2008-2009		Średnia wieloletnia – Many-year average	
	Stopnio-dni mrozu [°C] Frost degree-day [°C]	Grubość lodu [cm] Ice thickness [cm]	Stopnio-dni mrozu [°C] Frost degree-day [°C]	Grubość lodu [cm] Ice thickness [cm]
IX	-4,1	-	-17,5	3
X	-123,3	16	-122,0	17
XI	-179,7	30	-185,0	32
XII	-188,6	43	-307,7	50
I	-306,6	60	-344,6	67
II	-257,0	71	-287,5	79
III	-274,5	81	-338,9	91
IV	-351,8	93	-254,1	100
V	-38,5	95	-97,0	103

Pomiary temperatury powierzchniowej wody morskiej prowadzone w strefie brzegowej Isbjornhamny wskazują, że pozostaje ona pod znacznym wpływem obecności lodu lodowcowego oraz fazy pływu. Obecność w strefie brzegowej growlerów i druzgotu lodowcowego była przyczyną wyraźnego obniżenia się temperatury wody poniżej 0°C w ostatniej dekadzie sierpnia. Ponownie większe spadki temperatury wody odnotowano na przełomie września i października (tab. 2), ale tym razem były one spowodowane także wyraźnym obniżeniem się temperatury powietrza. Utrzymujące się przez pierwsze dwie dekady października lekko ujemne temperatury powietrza i duża ilość lodu lodowcowego w strefie brzegowej powodowały, że woda powierzchniowa utrzymywała w sposób ciągły temperaturę ujemną z przedziału od -0,7 do -1,8°C. Wyraźniejszy spadek temperatury powietrza w trzeciej dekadzie października doprowadził do obniżenia się temperatury wody do temperatury zamarzania i pojawienia się pierwszych form lodu morskiego. 23 października zaobserwowano zawiesinę kryształów lodu (frazil ice) i śryż (shuga), a w kolejnych dniach także krążki lodowe lodu świeżego (nilas). Temperatura wody utrzymywała się na poziomie -1,8 do -2,0°C praktycznie do końca kwietnia. W okresie występowania pokrywy lodowej w strefie brzegowej Isbjornhamny pomiarów nie prowadzono, stąd duże luki w obserwacjach w lutym, marcu i kwietniu. Po połamaniu lodu w dniach 19 i 20 kwietnia, ponowny spadek temperatury doprowadził znów do procesu zamarzania wody morskiej. Wyraźny wzrost temperatury wody zaczął się w maju. Od tej pory ani razu nie zbliżyła się ona już do temperatury zamarzania, a od połowy trzeciej dekady maja osiągała wartości dodatnie.

### 3. Złodzenie

#### 3.1. Warunki lodowe w Isbjornhamnie

W okresie od lipca do początku nocy polarnej nie wykonano żadnego szkicu sytuacji lodowej dla całego fiordu, a jedynie 10 dla Isbjornhamny, uzupełnione opisem zjawisk w strefie brzegowej. Przed 23 października nie odnotowano w zatoce form lodu morskiego, (nie licząc resztek lodu brzegowego z sezonu 2007/2008) a jedynie lód pochodzenia lądowego. Dostarczone opisy sytuacji dowodzą, że

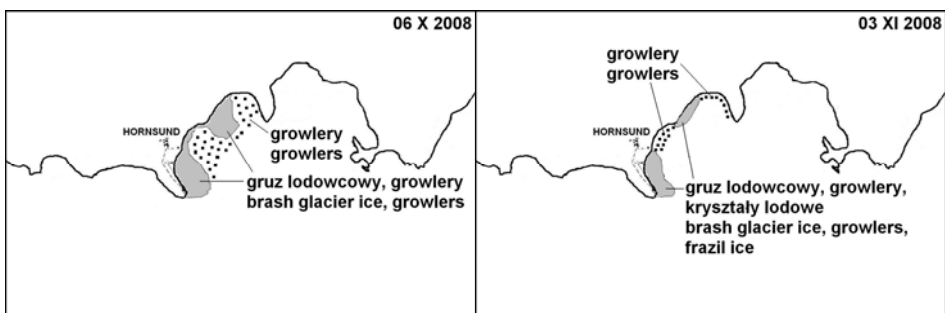
jego obecność jest niemal permanentna. Lód ten najczęściej zalega wzdłuż zachodniego brzegu zatoki, w rejonie od Wilczekodden do Banachówki, (ryc. 3) co spowodowane jest przewagą wiatrów wschodnich. Najczęściej występuje w postaci growlerów i odłamków gór lodowych ale też pasm druzgotu lodowcowego o szerokości nawet do kilkuset metrów – zwłaszcza późną jesienią. Dłuższe niż jednodniowe okresy bez lodu lodowcowego w strefie brzegowej Isbjornhamny odnotowano między 10 a 13 i 25 a 31 lipca; 6 a 8 i 13 a 19 sierpnia; 3, 4, i od 13 do 20 września. Po zimie brak lodu w zatoce odnotowano w dniach 7 do 13 i 17 do 29 czerwca, choć występowały w tym okresie pojedyncze, osadzone w strefie brzegowej growlery i resztki lodu nabrzegowego.

Tabela 2 – Table 2

Temperatura wody powierzchniowej mierzona przy zachodnim brzegu Isbjornhamny. Braki obserwacji ze względu na silne falowanie lub występujący w strefie brzegowej lód oznaczone „wave” lub „ice”

Sea surface temperature measured on the western shore of Isbjornhamna. Lack of observation because of big waves or ice existence in coastal zone marked “wave” or “ice”

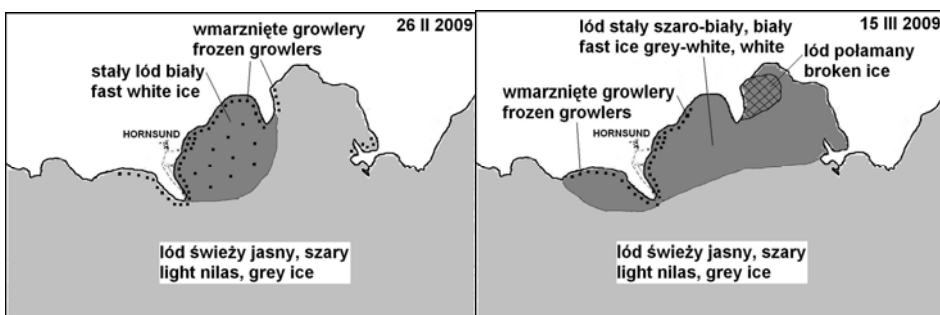
Dzień Day	2008						2009					
	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI
1	0,2	5,0	0,9	-1,7	wave	-1,8	-1,9	ice	ice	ice	-1,3	-0,2
2	3,5	4,4	1,3	-1,7	-1,9	-1,9	-1,9	ice	ice	ice	-1,2	-0,3
3	4,2	5,4	0,8	-1,8	-1,9	-1,8	-1,9	ice	ice	ice	-1,3	0,5
4	4,7	4,2	1,0	-2,0	-1,8	-1,9	-1,9	ice	ice	ice	-1,2	0,5
5	3,8	4,6	-1,2	-1,4	-1,9	-1,8	-1,9	ice	ice	ice	-1,2	1,7
6	3,5	4,0	0,7	-1,4	-1,9	-1,8	ice	ice	ice	ice	-1,3	2,4
7	5,1	3,6	0,6	-1,7	-1,9	-1,9	ice	ice	ice	ice	-1,0	2,8
8	1,9	3,7	1,6	-1,0	-1,9	-1,9	ice	ice	-1,9	ice	-1,1	2,8
9	2,5	3,1	2,3	-0,8	-1,9	-1,9	ice	ice	-1,9	ice	-1,3	2,8
10	2,2	3,5	2,5	-1,0	-1,9	-1,9	ice	ice	-1,9	ice	-1,3	2,8
11	1,4	3,8	2,8	-1,8	-1,9	-1,9	-1,9	ice	-1,9	ice	-1,1	2,6
12	1,5	3,5	1,3	-1,8	wave	-1,9	-1,9	ice	-1,9	ice	-1,1	2,8
13	2,1	3,1	2,3	-1,9	-0,6	-1,9	-1,9	ice	-1,9	ice	-0,9	2,8
14	2,4	3,2	2,5	-0,8	-1,9	-1,9	-1,9	ice	-2,0	ice	-0,5	2,7
15	0,3	3,4	2,7	-0,7	-2,0	-1,9	-1,9	ice	ice	ice	-0,5	3,1
16	1,4	4,0	2,7	-1,0	-2,0	-1,9	-2,0	ice	-1,9	ice	-0,5	3,5
17	0,3	3,4	2,6	-1,6	-1,9	-1,9	-2,0	ice	-1,9	ice	-0,6	3,6
18	-0,6	3,3	2,7	-1,6	-1,9	-1,9	-2,0	ice	-2,0	ice	-0,5	3,3
19	0,1	3,4	3,1	-1,8	-1,9	-1,9	-1,9	ice	-1,9	ice	-0,4	3,4
20	-1,3	4,0	2,3	-1,7	-1,9	-1,9	-1,9	ice	-2,0	-1,8	-0,6	3,6
21	1,7	3,5	wave	-1,8	-1,9	-1,9	-2,0	ice	-2,0	-1,9	-0,6	3,5
22	2,8	3,0	wave	-1,8	-1,9	-2,0	-1,9	ice	ice	-1,9	-0,4	3,7
23	3,0	-1,4	2,1	-1,8	-1,9	-1,9	-2,0	ice	ice	-1,9	-0,6	3,8
24	3,3	-1,2	1,2	-1,8	-1,9	-1,9	-2,0	ice	ice	-2,0	-0,6	3,7
25	3,7	-1,5	0,9	-1,9	-1,9	-2,0	-1,9	ice	ice	-1,9	0,7	3,6
26	4,9	-1,4	wave	-1,9	wave	-1,9	-2,0	ice	ice	-1,9	0,7	3,6
27	4,0	-1,4	wave	-1,9	-1,9	-1,9	-2,0	ice	ice	-1,8	1,2	3,3
28	4,1	1,9	-1,7	-1,9	-1,9	-2,0	-1,9	ice	-1,9	-1,6	1,0	3,6
29	4,0	-1,5	-1,4	-1,9	-1,9	-2,0	-1,8		-2,0	-1,6	1,1	2,8
30	3,7	1,8	-1,5	-1,9	-1,9	-2,0	-1,9		-1,9	-1,7	0,2	2,7
31	4,6	-0,4		-1,9		-2,0	-1,8		ice		0,2	
Min	-1,3	-1,5	-1,7	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	–	-2,0	-2,0	-1,3	-0,3
Max	5,1	5,4	3,1	-0,7	-0,6	-1,8	-1,8	–	-1,9	-1,6	1,2	3,8
Średnia Mean	2,55	2,51	1,34	-1,58	-1,82	-1,90	-1,92	–	-1,91	-1,83	-0,51	2,71



Ryc. 3. Rozmieszczenie lodu w Isbjornhamnie 6 października i 3 listopada 2008 r.

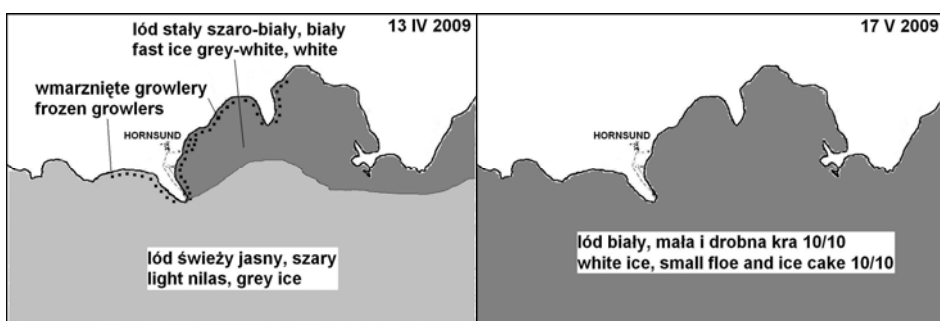
Fig. 3. Distribution of ice in Isbjornhamna on 6 October and 3 November 2008

Począwszy od 23 października 2008 r. na wodach Isbjornhamny zaczęły się pojawiać początkowe postacie lodu morskiego – zawiesina kryształów (frazil ice), śryż (shuga) i krążki lodowe (pancake ice) lodu świeżego (do 10 cm grubości). Do końca listopada wyłącznie te formy, obok lodu lodowcowego odnotowano. Od pierwszych dni grudnia w opisach pojawia się także lód brzegowy (przypuszczalnie młody – young coastal ice – o grubości 10-30 cm), co współgra z danymi amerykańskimi i wartością grubości wyliczaną w oparciu o stopnio-dni mrozu. Lód ten rozciąga się na szerokość do 10 m od brzegu, jednak zostaje połamany w połowie grudnia w trakcie odwilży i przy wietrze z S i SW. Po tym incydencie w Isbjornhamnie pozostaje lód nabrzegowy, przyrastający regularnie na grubość, by w końcu miesiąca tworzyć stopę lodową o grubości powyżej metra. Zatokę w większej części (70%) pokrywają w tym czasie lepa lodowa, śryż i krążki lodowe oraz liczne growlery. Znaczący spadek temperatury 29 grudnia zapoczątkował zmarzanie tych rodzajów lodu w całość i ponowne utworzenie się lodu brzegowego. Sytuacja taka utrzymała się do połowy stycznia, gdy przy silnym wietrze z NW i N 17 stycznia w zatoce pozostała jedynie niewielka ilość gruzu lodowego i unoszącej się między nim lepy. Obserwowany do końca stycznia wyraźny wzrost temperatury powietrza umożliwił utrzymanie się tej sytuacji do końca miesiąca. Ponowna fala mrozów występująca od początku lutego doprowadziła do zamarznięcia powierzchni zatoki. W pokrywę lodu morskiego powymarzone były growlery i gruz lodowcowy. Sytuacja ta utrzymała się do 10 marca, mimo wyraźnej odwilży z opadami deszczu między 18 a 20 lutego. Na szkicu z 26 lutego (ryc. 4) lód w zachodniej części Isbjornhamny (od Baranowskiodden na zachód) określany jest jako „gruby”, a po wschodniej i dalej na powierzchni fiordu jako „cienki, świeży lód”. Przypuszczalnie lód określony jako „gruby” to pierwszoroczny cienki (tzw. biały, o grubości 30-70 cm) a „cienki, świeży” to lód świeży jasny – nilas (do 10 cm) lub szary (10-15cm). W drugiej dekadzie marca doszło do dwukrotnego łamania i wynoszenia lodu z zatoki oraz ponownego napływu i zmarzania w jednorodną pokrywę. Na szkicu z 15 marca lód określony jako szaro biały (15-30cm) i grubszy pokrywał całą zatokę (ryc. 4), choć częściowo, na E od Baranowski-odden jego pokrywa była pokruszona. Po 20 marca znów formuje się stała pokrywa lodowa, obejmująca 24 marca NW część zatoki („gruby lód”). Dalej obserwowano krążki i „cienki, świeży lód” o całkowitej zwartości. Do ponownego pokruszenia i wyniesienia lodu przez wiatr z W i NW dochodzi 29 marca, ale już następnej doby, po zmianie kierunku wiatru, zatoka ponownie pokrywa się napływającym lodem, który podlega szybkiej konsolidacji w wyniku znaczącego spadku temperatury powietrza (ryc. 5). Do 19 kwietnia cała Isbjornhamna pokryta jest stałą pokrywą lodu „grubego” z pojedynczymi wmarzniętymi



Ryc. 4. Rozmieszczenie lodu w Isbjornhamnie 26 lutego i 15 marca 2009 r.

Fig. 4. Distribution of ice in Isbjornhamna on 26 February and 15 March 2009



Ryc. 5. Rozmieszczenie lodu w Isbjornhamnie 13 kwietnia i 17 maja 2009 r.

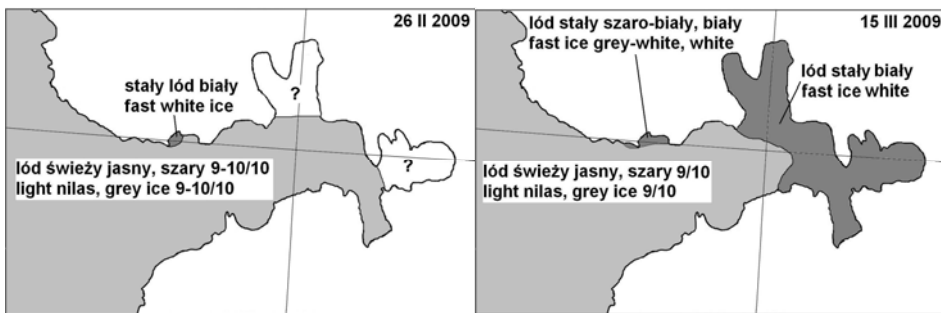
Fig. 5. Distribution of ice in Isbjornhamna on 13 April and 17 May 2009

growlerami. Oswobodzenie związane jest z wiatrami z sektora W i NW w dniach 20 i 21 kwietnia. Po tej dacie na zatoce nie doszło już do utworzenia się pokrywy lodu stałego. Nawet przy temperaturach powietrza poniżej  $-10^{\circ}\text{C}$  utrzymujących się do końca kwietnia obserwowano tylko lepe, śryż i krążki lodowe, okresowo stłaczane wschodnim wiatrem wzdłuż brzegu w pas o szerokości kilkudziesięciu metrów (cała pierwsza dekada maja). Zmiana sytuacji nastąpiła w połowie maja, gdy wraz z SW wiatrem do Hornsundu wpłynął bardzo zwarty pak lodowy drobnej kry, wypełniając szczerlinie na ponad 10 dni praktycznie cały fiord i Isbjornhamnę (ryc. 5). Paku tego wyraźnie ubyło 24 i 25 maja po wystąpieniu wiatrów z E a następnie NW. W niewielkiej zwartości pojawiał się on jeszcze do pierwszych dni czerwca. Od 7 czerwca do końca miesiąca lodu morskiego w zatoce praktycznie nie odnotowano.

### 3.2. Warunki lodowe w Hornsundzie

W okresie lipiec 2008 – luty 2009 szkiców sytuacyjnych dla całego fiordu nie wykonywano. Informacje dostępne na norweskich i amerykańskich mapach lodowych nie są zbyt szczegółowe. W końcu października zaczął się pojawiać lód autochtoniczny. W drugiej dekadzie listopada lód dryfujący z SW wybrzeży Spitsbergenu, a więc potencjalnie też w Hornsundzie, osiągał maksymalne zwartości 5-7/10. Był to lód świeży i młody. W końcu listopada zwartości lodu były mniejsze (2-4/10). W drugiej połowie

grudnia 2008 lód o większej zwartości (8-10/10), ale w tych samych stadiach rozwoju, utrzymywał się w fiordzie i wzdłuż SW brzegów Spitsbergenu w wąskim paśmie o szerokości kilku kilometrów. Pod koniec pierwszej dekady stycznia lód ten przy zachowaniu dużej zwartości rozprzestrzenił się przy SW brzegach wyspy na większym obszarze. W drugiej połowie stycznia zwartość lodu zmalała do 1-3/10 w wyniku odsuwania się go na zachód przy długotrwałych wiatrach z sektora E. Ponowne dociśnięcie lodów do przedpola Hornsundu nastąpiło z początkiem lutego. Zwartość ponownie wzrosła do 9-10/10 i utrzymywała się na tym poziomie do przełomu lutego i marca (ryc. 6). Lód ten rozciągał się na ponad 30 km na zachód od wejścia do Hornsundu.

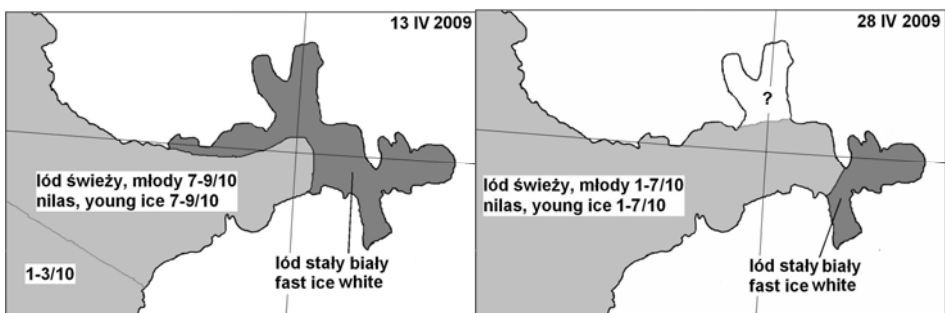


Ryc. 6. Rozmieszczenie lodu w Hornsundzie 26 lutego i 15 marca 2009 r.  
Fig. 6. Distribution of ice in Hornsund on 26 February and 15 March 2009

W marcu 2009 r. dochodziło do rozrzedzania lodów, jednak ich zwartość na przedpolu fiordu nie spadała poniżej 7/10. W połowie marca we wschodniej części Hornsundu zanotowano lód stały (ryc. 6). Identyczna informacja pochodzi z amerykańskiej mapy zlodzenia, gdzie stadium rozwojowe tego lodu określono jako pierwszoroczny cienki (biały 30-70 cm) lub grubszy. Zasięg tego lodu zmniejszył się w wyniku połamania i 24.03 utrzymał się on tylko na wschód od półwyspu Treskelen (w Brepollen). Przez dwie dekady kwietnia zwartość lodu w fiordzie i na jego przedpolu znów utrzymywała się na bardzo wysokim poziomie 8-10/10. Był to głównie lód młody i świeży. We wschodniej części fiordu ponownie doszło do konsolidacji lodu w stałą pokrywą, o zasięgu zbliżonym do tego z połowy marca. Był to lód biały (ryc. 7). W ostatniej dekadzie kwietnia, po rozrzedzeniu lodu na przedpolu Hornsundu do 4-6/10, także w samym fiordzie dochodzi do spadku zwartości. Zmienne wiatry powodują, że lód ten układa się w pasma o bardzo różnej zwartości (ryc. 7). Częściowemu połamaniu ulega także pokrywa lodu stałego, która na pewno utrzymuje się przed Brepollen i w Samarinvagen. Do połowy maja lodu systematycznie ubywa, jego zwartości spadają do 1-3/10 zarówno w Hornsundzie jak i na podejściu do fiordu. Jest to nadal lód klasyfikowany jako młody (do 30 cm).

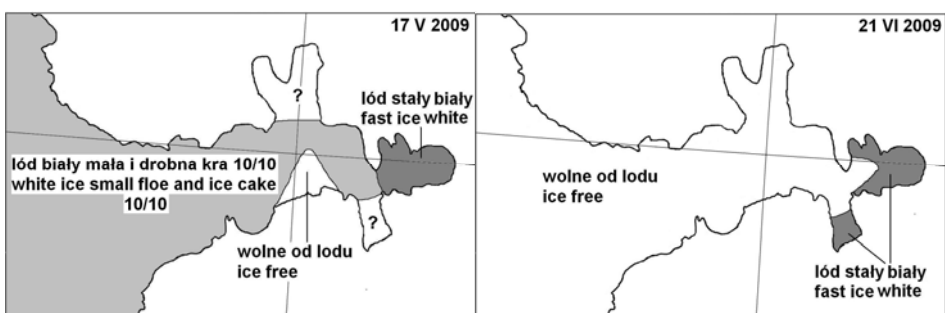
Po 15 maja do fiordu napływa lód o bardzo dużej zwartości, wypełniając go praktycznie w całości (ryc. 8). Lód ten składa się z malej (średnica 20-100 m) i drobnej kry (2-20 m) o grubości powyżej 30-70 cm (lód biały). W kolejnych dniach prawie go nie ubywa. Większa zmiana zachodzi po 24 maja, gdy wschodni wiatr oswabadza z paku zachodnią część fiordu, a w kolejnych dniach wypływa pozostała część paku. Od początku czerwca lód dryfujący po fiordzie charakteryzował się niewielką zwartością 1-3/10, a w drugiej połowie miesiąca praktycznie już nie występował. Do końca prowadzonych obserwacji przetrwał natomiast lód stały na 2/3 powierzchni Brepollen i 1/2 Samarinvagen (ryc. 8).





Ryc. 7. Rozmieszczenie lodu w Hornsundzie 13 i 28 kwietnia 2009 r.

Fig. 7. Distribution of ice in Hornsund on 13 and 28 April 2009



Ryc. 8. Rozmieszczenie lodu w Hornsundzie 17 maja i 21 czerwca 2009 r.

Fig. 8. Distribution of ice in Hornsund on 17 May and 21 June 2009

#### 4. Podsumowanie

Sezon lodowy 2008/2009 w Hornsundzie należy uznać za nieco łagodniejszy lub zbliżony do przeciętnego. Zdecydowały o tym odmienne od typowych warunki termiczne, zwłaszcza wyjątkowo ciepły grudzień i chłodniejszy od normy kwiecień. Tworzenie się pierwszych postaci lodu morskiego obserwowano od trzeciej dekady października, jednak w bardzo ograniczonym przestrzennie zakresie. Do pokrycia fiordu lodem allochtonicznym dochodziło przypuszczalnie od drugiej dekady listopada, kiedy na przedpolu fiordu pojawiły się lody dryfujące z Prądem Sorkapskim. Wysoka temperatura w grudniu uniemożliwiała jego zamarzanie w trwałą pokrywą. Dopiero w styczniu zaczął powstawać lód brzegowy. Poza strefą brzegową nie doszło przypuszczalnie do tworzenia się lodu autochtonicznego, a przynajmniej go nie odnotowano. Spajanie lodów o większej zawartości w stałą pokrywą było początkowo utrudnione, ponieważ kilkudniowe okresy w których dochodziło w fiordzie do większej koncentracji lodów były przerywane 2-3.dniowymi odwilżami, którym towarzyszyły wiatry wywiewające lód na zewnątrz fiordu. Ostatecznie do powstania lodu stałego (zespojonego) doszło przypuszczalnie na przełomie lutego i marca (15 marca zajmował już znaczną powierzchnię). Wytworzył się on we wschodniej partii fiordu i do końca czerwca przetrwał na większej części powierzchni Brepollen oraz w na połowie Samarinvagen. Wody Hornsundu przez około 16 tygodni pokrywał lód dryfujący o dużej zawartości, przy czym proces ten był praktycznie nieprzerwany od początku lutego do 20 kwietnia. Ostatni dłuższy akt pokrycia fiordu lodem o dużej zawartości miał miejsce w drugiej połowie maja.

## Literatura

- Görlich K., Stepko W., 1992. Hydrological phenomena related to sea-ice cover formation and presence in Hornsund, Spitsbergen. [w:] Landscape, Life World and Man in High Arctic. Institute of Ecology PAS Publishing Office: 83–92.
- Styszyńska A., Buchert L., 2004. Zlodzenie Hornsundu i jego przedpola (SW Spitsbergen) w sezonie zimowym 2003/2004. Polish Polar Studies, XXX Międzynarodowe Sympozjum Polarne, Gdynia: 369–376.
- Styszyńska A., Buchert L., 2005. Warunki lodowe w Hornsundzie i na jego przedpolu w sezonie zimowym 2003-2004. Publications of the Institute of Geophysics PAS D-66 (373): 93–105.
- Styszyńska A., Kowalczyk M., 2007. Zlodzenie Hornsundu i jego przedpola (SW Spitsbergen) w sezonie zimowym 2005–2006. Problemy Klimatologii Polarnej, 17: 147–158.
- Styszyńska A., Rozwadowska A., 2008. Zlodzenie Hornsundu i jego przedpola (SW Spitsbergen) w sezonie zimowym 2006/2007. Problemy Klimatologii Polarnej, 18: 141–160.
- Styszyńska A., 2009. Zlodzenie Hornsundu i jego przedpola (SW Spitsbergen) w sezonie zimowym 2007/2008. Problemy Klimatologii Polarnej, 19: 247–267.
- WMO Sea-ice Nomenclature – WMO/OMM/BMO – No. 259, 1970; Suppl. No. 5, 1989.

Wpłynęło: 16 października 2010; poprawiono: 8 grudnia 2010

## Summary

This paper presents the sea ice development in the waters of Hornsund Fjord during winter season 2008/2009. In autumn 2008 only brash glacier ice, growlers and bergy bits were present in Hornsund, especially along the coast. Sea ice season started at end of October. Since this time forms of new ice were formed in coastal zone of Isbjornhamna. Because of mild thermal conditions in November and December (Fig. 2, 3) the maximum theoretical ice thickness in inner parts of the fjord could reach 43 cm at the end of the year 2008 (Table 1). In January young coastal ice was formed in Isbjornhamna. Consolidation of close pack ice coming from outside the Hornsund was interrupted few times by increase in air temperature and strong easterly winds, blowing the ice outside again. In the inner bays consolidation of pack ice started probably at end of February. Eastern part of the Hornsund was covered by fast ice since mid of March to the end of June 2009 (Brepollen, Samarinvagen). For over 16 weeks close and very close young pack ice drifted in the Hornsund waters. At the end of April ice concentration in fjord and outside decrease significantly and part of fast ice was broken and removed too. Last episode the Hornsund was covered by very close pack ice drifting from outside took place from 15<sup>th</sup> till 25<sup>th</sup> May.

**Key words:** sea ice, ice season, sea surface temperature, Hornsund, Spitsbergen.