

ZŁODZENIE HORNSUNDU I JEGO PRZEDPOLA (SW SPITSBERGEN) W SEZONIE ZIMOWYM 2005–2006

ICE CONDITION IN HORNSUND AND ITS FORESHORE (SW SPITSBERGEN) DURING WINTER SEASON 2005–2006

Anna Styszyńska¹, Marek Kowalczyk²

¹ – Katedra Meteorologii i Oceanografii Nautycznej, Wydział Nawigacyjny, Akademia Morska
ul. Sędzickiego 19, 81–374 Gdynia
stysa@am.gdynia.pl

² – Zakład Meteorologii i Klimatologii, Uniwersytet Wrocławski
ul. Kosiby 6/8, 51–670 Wrocław
kowalmar@meteo.uni.wroc.pl

Zarys treści. W sezonie zimowym 2005/2006 przebieg zlodzenia Hornsundu był odmienny od przeciętnego. Znaczący spadek temperatury powietrza wystąpił tylko w lutym i marcu. W pierwszej połowie zimy (XI–I) docho-
dziło do okresowego wypełniania się zachodniej części fiordu lodem dryfującym w Prądzie Sorkapskim. W lutym
na środkowej i zachodniej części Hornsundu pojawiły się początkowe postaci lodu. Większe pokrycie lodem wód
fiordu miało miejsce jedynie w marcu, kiedy to w Brepollen występowała jednolita powłoka lodu młodego, na
Isbjornhamnie krążki lodowe i lód młody, a po środkowej i zachodniej części Hornsundu dryfowały w pasmach
zwarte lody napływające z zewnątrz. W połowie kwietnia doszło do oczyszczenia większości fiordu z lodu. Dłużej
lód utrzymywał się jedynie w Brepollen. 27 czerwca w zachodniej części fiordu pojawiły się pasma lodu dryfują-
cego w Prądzie Sorkapskim. Lód ten przy północnym brzegu Hornsundu utrzymywał się do pierwszych dni lipca.

Słowa kluczowe: lód morski, sezon lodowy, Hornsund, Spitsbergen

1. Wprowadzenie

W czasie XXVIII Wyprawy Polarnej PAN kontynuowano, rozpoczęte dwa lata wcześniej, systema-
tyczne obserwacje zlodzenia zachodniej i środkowej części Hornsundu. Według programu rejestracja
obejmowała występowanie lodu morskiego (napływowego i tworzącego się *in situ*) oraz lodu lodowco-
wego (gruz lodowcowy, odłamki i odłamy) i gór lodowych. Obserwacje wykonywano gdy zauważono
istotne zmiany w charakterze lodu morskiego (wpłynięcie do zatoki lodu allochtonicznego; wyraźne
zmiany koncentracji, rozmieszczenia pasm i pasów lodu; pojawienie się lodu nabrzegowego w Isbjorn-
hamnie, zmiany grubości i powierzchni lodu stałego) oraz pojawienia się gór lodowych i dużych ilości
gruzu lodowcowego (z głębi fiordu, z Siedleckivika). W miarę możliwości określano rodzaj lodu oraz
stopień koncentracji lodu dryfującego. Przy wizualnej identyfikacji lodów posługiwano się opisami
form i stadiów rozwojowych lodu zawartymi w terminologii lodów morskich WMO. W czasie trwania

wyprawy wykonano 29 szkiców sytuacyjnych na wcześniej przygotowanych podkładach kartograficznych. W 2005 roku: 17, 22 i 29 lipca; 1, 16 i 30 sierpnia; 13, 23 i 26 września; 10, 14 i 31 października; 11 listopada oraz 22 grudnia. W 2006 roku obserwacje przeprowadzono: 30 stycznia, 14 lutego; 7, 12, 15, 25 i 26 marca; 11 i 22 kwietnia; 2, 8, 9 i 12 maja oraz 9 i 27 czerwca. Obserwacje prowadzono ze zboczy Fugleberget lub Arikammen. Dodatkowymi punktami obserwacyjnymi były Wilczekodden i Banachówka, pozwalające śledzić zmiany zalodzenia bezpośredniego przedpola stacji.

W dniach obserwacji warunków lodowych notowano również dane hydrometeorologiczne takie jak: temperatura wody powierzchniowej, temperatura powietrza oraz kierunek i prędkość wiatru. Temperaturę wody morskiej mierzono ze skał Wilczekodden po stronie Isbjornhamny, a elementy meteorologiczne za pomocą stacji automatycznej Vaisala QLC-50 zlokalizowanej w bezpośredniej bliskości Polskiej Stacji Polarnej.

Obserwacje lodów prowadzone w rejonie stacji w Hornsundzie uzupełniono analizami map lodowych wydawanych dla rejonu Svalbardu przez Norweski Instytut Meteorologiczny¹ oraz dla NW części Morza Barentsa przez amerykański National Ice Center². Mapy norweskie pokazują rozkład przestrzenny pokrywy lodowej o danej zawartości lodów, a mapy amerykańskie także informacje o grubości i formach lodu morskiego. Mapy te opracowywane są na podstawie interpretacji zdjęć satelitarnych.

Charakterystyczną cechą pokrywy lodowej występującej w rejonie SW Spitsbergenu jest jej dwistość. Wewnątrz fiordu najczęściej dochodzi do powstawania lodu autochtonicznego, który zimą tworzy pokrywę lodu stałego (głównie przy brzegu). Pod wpływem wchodzącego do fiordu falowania i prądów pływowych lód ten może być okresowo łamany i jako pływający dryfować po wodach fiordu. Poza lodem morskim, w obrębie fiordu może dochodzić do okresowego gromadzenia się lodu lodowcowego pochodzącego z osypujących się pobliskich klifów lodowców uchodzących do morza (gruz lodowy, odłamki i odłamy gór lodowych).

Lody występujące na zewnątrz fiordu w większości są lodami allochtonicznymi, pochodzącymi z Morza Barentsa (głównie z rejonu Storffjordu i obszarów położonych na E od Svalbardu, powyżej 78°N) lub z basenu arktycznego, dryfującymi wzdłuż brzegu w wodach Prądu Sorkapskiego. Lody te z prądami pływowymi lub pod wpływem wiatru mogą zdryfować do wewnątrz fiordu i okresowo pokrywać znaczną część jego powierzchni. Dopiero gdy wody prądowe wychłodzą się do temperatury zamarzania (-1.79°C) może tworzyć się lód *in situ*. W przeciętnych warunkach pokrywa lodowa na przedpolu Hornsundu występuje przez 5 miesięcy (od lutego do czerwca). Charakterystyczne cechy rozwoju pokrywy lodowej na przedpolu Hornsundu w ostatnich latach (1993–2001) omawiają Styszyńska i Wiśniewska (2002), a w obrębie fiordu Görlich i Stepko (1992), Rodzik i Wiktorowicz (1995) oraz Styszyńska i Buchert (2004, 2005).

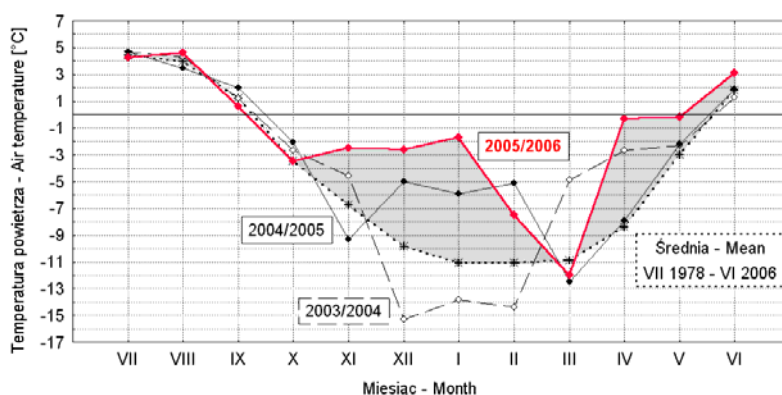
2. Warunki meteorologiczne i hydrologiczne w sezonie zimowym 2005-2006

Tempo tworzenia się lodu morskiego zależy od intensywności oddawania ciepła przez wodę do atmosfery, która jest tym większa, im niższa jest temperatura powietrza. W Hornsundzie, przeciętnie już w październiku temperatura powietrza osiąga wartości ujemne, w następnych miesiącach szybko się obniża, spadając w okresie od grudnia do marca poniżej -10°C (ryc. 1).

¹ <http://polarview.met.no/>

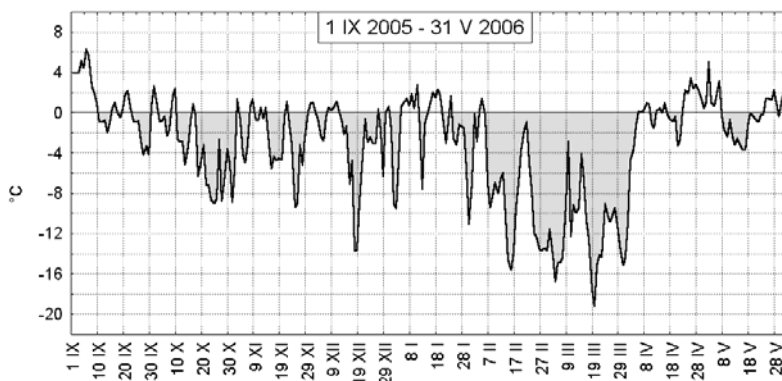
² <http://www.natice.noaa.gov/products/arctic/index.htm>

Sezon lodowy 2005–2006 w Hornsundzie miał przebieg wyraźnie odmienny od przeciętnego. Od listopada do lutego włącznie średnia miesięczna temperatura powietrza w Hornsundzie była wyższa o kilka stopni od średniej wieloletniej z lat 1978–2006 (w listopadzie o 4.3, w grudniu – 7.2, styczniu – 9.4 i marcu – 3.6 deg; patrz ryc. 1). Jesienią (wrzesień i październik) i w pierwszej połowie zimy (listopad, grudzień, styczeń) rzadko kiedy średnia dobowa temperatura powietrza spadała poniżej -10°C (ryc. 2). W tym czasie często notowano kilkudniowe ocieplenia, w czasie których średnia dobowa temperatura powietrza osiągała wartości dodatnie. Znaczące (do poniżej -10°C) kilku-kilkunastodniowe spadki temperatury powietrza miały miejsce dopiero w lutym i marcu. Na końcu zimy – w kwietniu – nastąpił gwałtowny wzrost temperatury powietrza, kiedy to poczynając od 5 kwietnia przez większość dni średnia dobowa osiągała wartości dodatnie (ryc. 2).



Ryc. 1. Przebieg średniej miesięcznej temperatury powietrza w Hornsundzie w sezonie 2005/2006 na tle sezonów 2003/2004 i 2004/2005 oraz średniej wieloletniej z okresu VII 1978 – VI 2006

Fig. 1. Course of mean monthly air temperature in Hornsund during the season 2005/2006 as compared to 2003/2004 and 2004/2005 seasons and the many-year (July 1978 – June 2006) average



Ryc. 2. Przebieg średniej dobowej temperatury powietrza w Hornsundzie w okresie od 1 września 2005 do 31 maja 2006 r.

Fig. 2. Course of mean daily air temperature at Hornsund in the period 1 September 2005 – 31 May 2006

Wobec dużej odmienności warunków termicznych jakie występowały w sezonie zimowym 2005–2006, w stosunku do wartości średnich, odmienny przebieg miał również sezon lodowy. Jesienią, kiedy warunki termiczne były zbliżone do przeciętnych, w głębi fiordu, w warunkach spokojnej wody na płytkich, osłoniętych od fali i prądów pływowych akwenach, mogło dojść do powstania lodu świeżego (ang. nilas, do 10 cm grubości) i lodu szarego (ang. grey ice, 10–15 cm grubości). Oszacowana według formuły Zubova (za: Zakrzewski 1982), na podstawie sum stopnio-dni mrozu, grubość lodu mogła sięgać 17 cm (tab. 1). Dalszy rozwój tego lodu, możliwy na wewnętrznych, osłoniętych od fali akwenach fiordu (Brepollen, Burgerbukta, Samarinvagen), gdzie lód mógł tworzyć się w jednym cyklu, uległ znacznemu spowolnieniu. Teoretycznie możliwa grubość lodu mogła osiągać około 60% grubości przeciętnej (tab. 1). W rzeczywistości, biorąc pod uwagę występujące w drugiej połowie zimy (od lutego do kwietnia) obfite opady śniegu, który zalegając na lodzie hamował jego narastanie, grubość lodu stałego musiała być mniejsza.

Tabela 1 – Table 1

Miesięczne sumy stopnio-dni mrozu w Hornsundzie i przyrost grubości lodu stałego (bez pokrywy śnieżnej) obliczony według formuły Zubova, w sezonie 2005–2006 oraz w wieloleciu (1978–2006), możliwy na wewnętrznych, osłoniętych od fali akwenach fiordu, gdzie lód tworzył się w jednym cyklu

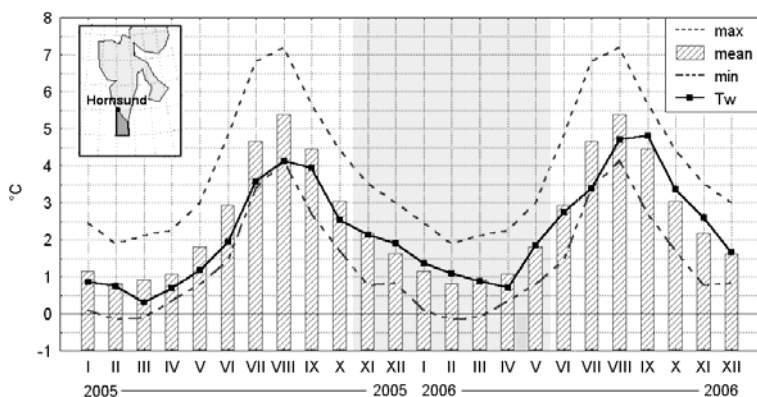
Monthly sums of frost degree-day and the increase in fast ice thickness (without snow cover) calculated with the Zubov formula during the season 2005/2006 and many-year period (1978–2006), observed at the inner, sheltered fjord areas where the sea ice developed in one cycle

Miesiąc Month	Sezon 2005–2006 – Season 2005–2006		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	-23.6	3.5	-17.5	3
X	-115.5	17	-122.0	17
XI	-82.1	24	-185.0	32
XII	-84.8	30	-307.7	50
I	-72.7	35	-344.6	67
II	-210.3	48	-287.5	79
III	-372.1	66	-338.9	91
IV	-31.0	67	-254.1	100
V	-28.1	69	-97.0	103

Także na przedpolu Hornsundu warunki do tworzenia się lodu były niesprzyjające. Przebieg średnich miesięcznych wartości temperatury powierzchniowej warstwy wody w rejonie SW wybrzeża Spitsbergenu (od Sorkappu po Hornsund) – w gridzie 76–77°N i 15–17°E³ – wskazuje (ryc. 3), że w całym sezonie zimowym 2005–2006 miała ona wartości dodatnie. Po stosunkowo szybkim spadku temperatury wody jesienią (w październiku), w pierwszej połowie zimy (XI–I), ze względu na bardzo wysokie temperatury powietrza, intensywność oddawania ciepła przez wodę do atmosfery była mocno ograniczona. Jednocześnie zasób ciepła w wodach podpowierzchniowych Prądu Zachodniospitsbergeńskiego na szerokości Hornsundu był znacząco wyższy niż przeciętnie (Walczowski i Piechura 2006, 2007). Stąd też w całym tym okresie woda miała temperaturę wyższą niż średnie wieloletnie i nawet

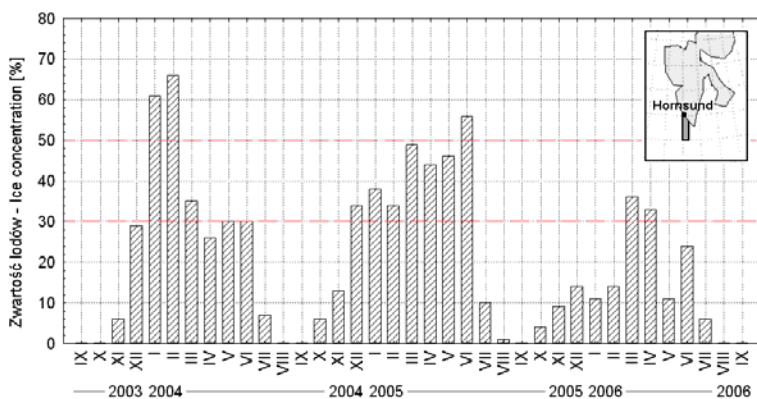
³ źródło danych: NOAA_OI_SST_V2, NOAA/OAR/ESRL PSD, Boulder, Colorado, USA; <http://www.cdc.noaa.gov/>

na koniec okresu zimowego (w kwietniu) nie spadła poniżej 0.7°C (ryc. 3). W takich warunkach termicznych powstawanie lodu *in situ* na zewnątrz fiordu było niemożliwe.



Ryc. 3. Przebieg średniej miesięcznej temperatury wody morskiej (Tw) w gridzie (76–77°N, 15–17°E) w 2005 i 2006 r. na tle średniej (mean), maksymalnej (max) i minimalnej (min) Tw z okresu 1982–2006 (dane: OI SST v.2)

Fig. 3. Course of mean monthly SST in (76–77°N, 15–17°E) grid in 2005 and 2006 as compared to the mean maximum and minimum SST from the period 1982–2006 (data: OI SST v.2)



Ryc. 4. Średnia miesięczna koncentracja lodów morskich na podejściu do fiordu Hornsund (w gridzie 76-77°N, 15-16°E) w trzech ostatnich sezonach lodowych (dane: NOAA NCEP EMC CMB GLOBAL)

Fig. 4. Mean monthly sea ice concentration at the approach to Hornsund Fjord in (76–77°N, 15–16°E) grid in the last ice seasons (data: NOAA NCEP EMC CMB GLOBAL)

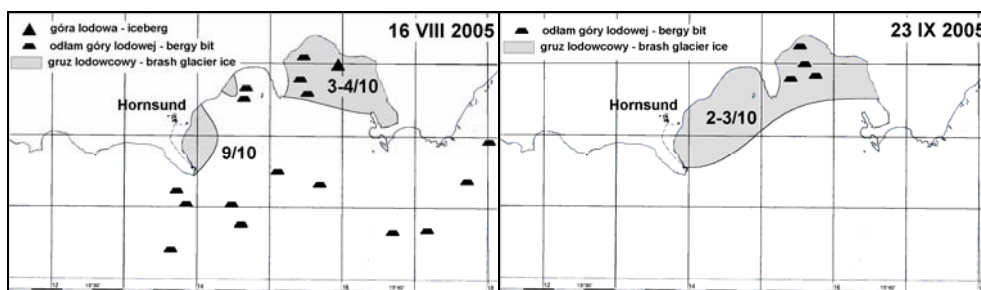
Stosunkowo późno, bo dopiero na początku listopada 2005 r. lód młody zaczął tworzyć się na Storfjordzie i płycznach Sorkappu. Po połamaniu przez fale lód ten mógł w wodach Prądu Sorkapskiego dryfować na północ i pojawiać się u wejścia do Hornsundu. Jego ilość była jednak niewielka. Średnia zawartość lodów na podejściu do Hornsundu, w gridzie 76–77°N i 15–16°E ⁴, w okresie od października

⁴ źródło danych: NOAA_OI_SST_V2 – ice field, NOAA/OAR/ESRL PSD, Boulder, Colorado, USA.

do lutego włącznie, nie przekraczała 14%. W tym samym czasie w poprzednim sezonie lodowym była większa od 30%, a w sezonie 2003–2004 nawet 60% (ryc. 4). Dopiero w marcu i kwietniu ilość lodów dryfujących w wodach Prądu Sorkapskiego wzrosła na tyle, że zwartość lodów szacowana w gridzie 76–77°N i 15–16°E, czyli w polu o rozmiarach 14 x 60 Mm, przekroczyła 30% (ryc. 4). W maju ilość lodów niesionych w wodach Prądu Sorkapskiego zmalała (do 11%), by w czerwcu ponownie nieco (do 24%) wzrosnąć.

3. Złodzenie Hornsundu i jego przedpola

Latem i jesienią 2005 r., dzięki utrzymywaniu się temperatury powietrza powyżej normy klimatycznej, dochodziło do intensywnego oblamywania się lodu lodowcowego, który wypełniał poboczne zatoki fiordu, te w których uchodziły spływające lodowce. Mniejsze kawałki lodu tworzyły gruz lodowcowy (ang. *brash glacier ice*), większe – growlery i odłamy gór lodowych (ang. *bergly bit*, 1–5 m n.p.m.), które wraz z prądami pływowymi przemieszczane były po wodach fiordu i wynoszone na jego przedpole. W tym czasie gruz lodowcowy i growlery odłamujące się od Lodowca Hansa tworzyły okresowo bardzo zwarte skupienia rozciągające się wzdłuż brzegów Isbjornhamny (ryc. 5). W lipcu i sierpniu, od klifu Lodowca Hansa odłamywały się też pojedyncze małe góry lodowe (5–15 m n.p.m.).



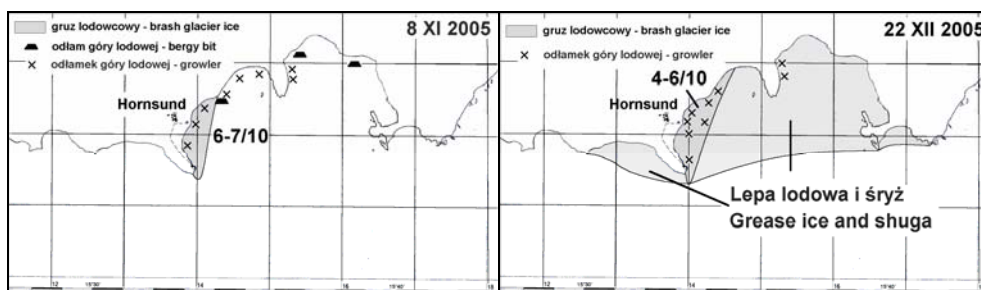
Ryc. 5. Rozmieszczenie gruzu lodowcowego i odłamów gór lodowych w Isbjornhamnie 16 VIII i 23 IX 2005 r.

Fig. 5. Distribution of brash glacier ice and bergly bits in Isbjornhamna on 16 August and 23 September 2005

W październiku, kiedy temperatura powietrza spadała okresowo poniżej -5°C (ryc. 2), osypywanie się lodu z klifów osłabło, co spowodowało, że zarówno w Isbjornhamnie jak i na wodach osiowej partii fiordu, tylko z rzadka obserwowano niewielkie ilości growlerów dryfujących w prądach pływowych. Na końcu października, po kilkudniowej adwekcji mroźnego powietrza, w czasie której temperatura spadała do -9°C , a temperatura wody przy brzegu do -1.6°C , wzdłuż zachodniego brzegu Isbjornhamny pojawiły się pierwsze postaci lodu morskiego (ang. *new ice*). Był to sryż i lepa lodowa skupiająca się wzdłuż brzegu w Krossvika. Lód ten po kilku dniach zanikł.

Stosunkowo późno, bo dopiero na przełomie października i listopada 2005 r. lód młody (10–30 cm) zaczął tworzyć się w północnej i zachodniej części Storfjordu oraz na pływaczach Sorkappu. Po połamaniu przez fale lód ten w wodach Prądu Sorkapskiego zaczął dryfować na północ i w okresie od 2 do 7 listopada pojawiać się w rejonie Palffyodden (południowe wejście do Hornsundu). Przez kilka dni jego zwartość sięgała 4–6/10. W drugiej dekadzie zarówno Sorkapp jak i SW wybrzeże Spitsbergenu wolne było od lodu morskiego. W trzeciej dekadzie listopada dryfujący lód najpierw pojawił się w rejonie

Sorkappu, by po kilku dniach dopłynąć do południowego wejścia do Hornsundu, a następnie wraz z prądami przyływu wkroczyć na zachodnią część fiordu. Zwartość tego lodu była niewielka, nie przekraczała 2–4/10. W głębi fiordu, w Brepollen, lód młody zaczął tworzyć się na przełomie października i listopada. W znacznej części został on w dwóch epizodach (na początku drugiej i pod koniec trzeciej dekady) połamany, po czym przez kilka dni dryfował w większych skupieniach (4–7/10) po wodach wewnętrznej i środkowej części Hornsundu. Na końcu listopada, po wystąpieniu sztormowych (do 23 m/s) wiatrów ze wschodu został wyniesiony na zewnątrz fiordu. W pobliżu stacji, przez cały listopad dochodziło do okresowego gromadzenia się wzdłuż zachodnich brzegów Isbjornhamny (głównie w Krossvika) mieszanki gruzu lodowcowego i początkowych postaci lodu morskiego (ryc. 6 – szkic z 8 XI 2005 r.). Obserwowano również pojedyncze odłamy gór lodowych.



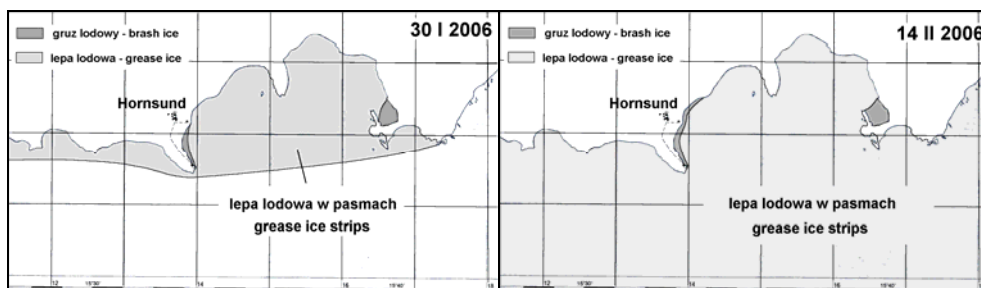
Ryc. 6. Rozmieszczenie lodu w Isbjornhamnie 8 listopada i 22 grudnia 2005 r.

Fig. 6. Distribution of ice in Isbjornhamna on 8 November and 22 December 2005

W grudniu, podobnie jak w listopadzie, w okresach wiania wiatru ze wschodu, dochodziło do gromadzenia się lodu lodowcowego wzdłuż zachodniego brzegu Isbjornhamny. W połowie miesiąca, wraz z nadejściem fali mrozu (do $-10 \div -15^{\circ}\text{C}$; ryc. 2) Isbjornhamna i strefa przybrzeżna od Wilczekodden po Ariebukę (ryc. 6), pokryły się lepą lodową (ang. *grease ice*) i śryżem (ang. *shuga*). Prawdopodobnie w wewnętrznej części Hornsundu także postępował proces tworzenia się lodu, jednakże ze względu na panujące ciemności stwierdzenie tego faktu było niemożliwe. W osłoniętych zatokach (Burgerbukta, Brepollen) możliwe było powstanie lodu stałego o grubości rzędu 20–30 cm. W świetle informacji podawanych na norweskich i amerykańskich mapach lodowych, w okresie od 30 listopada do 6 grudnia 2005 r. wody Hornsundu i jego przedpola były wolne od lodu. Od 7 grudnia, na wysokości wejścia do Hornsundu, pojawił się dryfujący w wodach Prądu Sorkapskiego lód o zwartości od 1 do 4/10. Od 14 grudnia zaczął on wchodzić i pokrywać wody najpierw zewnętrznej, a później również środkowej części fiordu. Był to lód szary (ang. *grey ice*, 10–15 cm) i szarobiały (ang. *grey-white ice*, 15–30 cm), które z racji swojej niewielkiej grubości i ciemnej barwy mogły zostać w warunkach nocy polarnej niezauważony przez obserwatora. Poczynając od 27 grudnia, lód dryfujący wzdłuż brzegu Spitsbergenu w Prądzie Sorkapskim zaczął być pod wpływem silnych wiatrów z sektora zachodniego, coraz bardziej wpychany do Hornsundu, tak, że aż do 10 stycznia otwarte wody przybrzeżne w rejonie Hornsundu wolne były od lodu.

W dniach 3–11, 14–20 i 22–24 stycznia średnie dobowe temperatury powietrza notowane na stacji w Hornsundzie były dodatnie (ryc. 2) i w niektórych dniach osiągały ponad 3°C . Krótkotrwałe, większe

ochłodzenie, kiedy temperatura powietrza spadła do poniżej -10°C , miało miejsce dopiero w ostatnich dniach stycznia (29–31 I). Nic więc dziwnego, że w styczniu, w pobliżu stacji obserwowano jedynie niewielkie ilości gruzu lodowcowego osadzonego na skałach Wilczekodden. Drugi rejon występowania gruzu lodowcowego i growlerów osadzonych na mieliznach to Kamavika po wschodniej stronie Hansbukty. Prawdopodobnie do nagromadzenia w pobliżu brzegu gruzu lodowcowego i połamanego lodu młodego doszło również w Burgerbukcie, Samarinvagen i Brepollen. W dwóch ostatnich dniach stycznia Isbjornhamna pokryła się lepą lodową. Przy dość silnym (8–12 m/s) wietrze ze wschodu lepa lodowa tworząca się we wschodniej części fiordu dryfowała w wąskich pasmach w pobliżu północnego brzegu centralnej części Hornsundu (ryc. 7). Prawdopodobnie takie wąskie pasma lepy dryfujące z wiatrem występowały także na osiowej partii fiordu, jednakże ze względu na słabe oświetlenie trudno było je rozpoznać. Ze względu na noc polarną niezauważone przez obserwatora mogły pozostawać również lody allochtoniczne wnoszone z zewnątrz. W pierwszej dekadzie stycznia po wodach zewnętrznej i środkowej części Hornsundu mogły dryfować kry lodu młodego wepchnięte do fiordu z otwartego morza przez silne wiatry zachodnie wiejące w ostatnich dniach grudnia, a na początku drugiej dekady te, które wynoszone były z prądami pływowymi z Brepollen i Burgerbukty. W świetle analizy norweskich map lodowych w drugiej połowie stycznia wody całego Hornsundu wolne były od lodu.



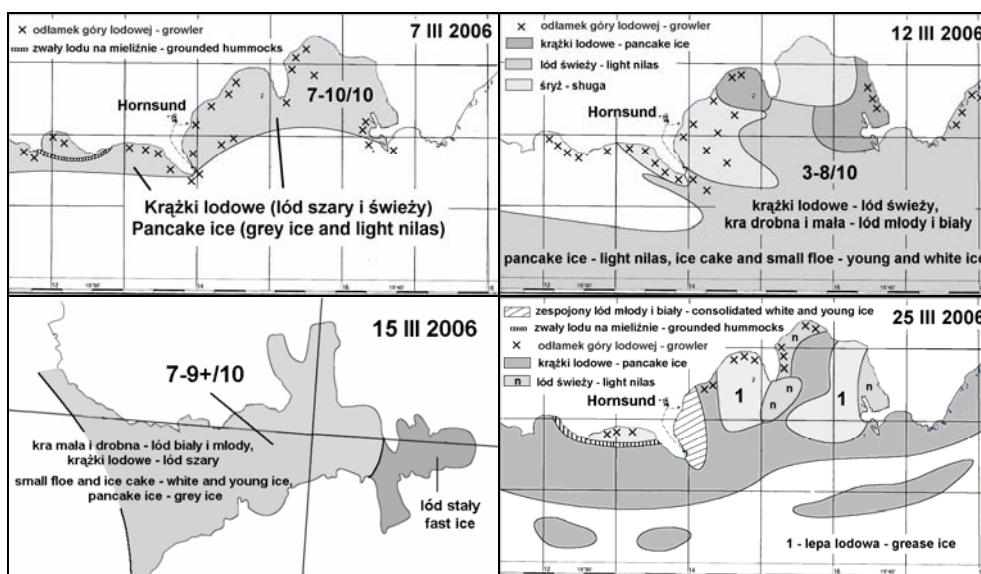
Ryc. 7. Rozmieszczenie lodu w Isbjornhamnie 30 stycznia i 14 lutego 2006 r.

Fig. 7. Distribution of ice in Isbjornhamna on 30 January and 14 February 2006

Od 5 do 17 lutego i później od 22 do końca miesiąca średnia dobowa temperatura powietrza notowana na stacji w Hornsundzie znacząco się obniżyła (ryc. 2; najpierw do -8 , a później do -17°C). Tak niska temperatura powietrza występująca w rejonie południowego Spitsbergenu sprzyjała szybkiemu marznieniu wody. Najpierw (1 dekada lutego) znacząco zaczęła wzrastać zwartość i grubość lodu pokrywającego północną część Storfjordu, później (2 dekada lutego) na południowym Storfjordzie, tak, że od połowy miesiąca pasma bardzo zwarte lodu budowanego przez lód młody z pewną domieszką lodu pierwszorocznego cienkiego (ang. *thin first-year ice*; 30-70 cm) dryfowały już wzdłuż SW wybrzeży Spitsbergenu i na początku 3 dekady oparły się o Palffyodden. W 2 i 3 dekadzie lutego osiowa partia Hornsundu i Isbjornhamna pokryta była początkowymi postaciami lodu (ryc. 7). Przy brzegu Wilczekodden lepa lodowa i śryż pojawiły się 13 lutego. W drugiej połowie lutego rozpoczął się także ponowny rozwój lodu stałego w wewnętrznych zatokach fiordu (Brepollen i Burgerbukta). Biorąc pod uwagę wielkość sumy stopnio-dni mrozu, ta nowa powłoka lodu mogła na końcu lutego osiągnąć tam 23 cm grubości. W świetle analizy map lodowych wydawanych przez National Ice Center,

w drugiej połowie lutego wody Hornsundu pokrywały inicjalne postaci lodu z niewielką ilością lodu młodego, występujące w pasmach o zwartości 9+. W tym czasie ogólna zwartość lodu szacowana była przez służby amerykańskie na od 2 do 4/10.

Większe pokrycie wód Hornsundu przez starsze stadia rozwojowe lodu miało miejsce jedynie w marcu, kiedy to w Brepollen występowała jednolita powłoka lodu młodego (ang. *young ice*; 10-30 cm grubości) lub lodu białego (ang. *white ice*; 30–50 cm). Oszacowana na podstawie sum stopnio-dni mrozu grubość lodu mogła się zmieniać od 25 cm w pierwszych dniach marca, 35 cm w połowie miesiąca, do 48 cm na koniec marca. W świetle obserwacji wykonanej 15 marca ze szczytu Fugleberget, skraj lodu stałego przebiegał od Traunpyntem (na zachód od Samarinvagen) po środkową część zachodniego brzegu Treskelenu (ryc. 8). W połowie marca środkowa i zachodnia część fiordu, po wystąpieniu bardzo silnych (do 16 m/s) wiatrów zachodnich (ryc. 9) zapełniła się zwartym lodem wniesionym z zewnątrz. W większości były to drobne i małe kry lodu białego i młodego szybko z sobą zmarzające, tak, że w niektórych miejscach powstała powłoka lodu skonsolidowanego. W strefach rozrzedzeń o zmiennej konfiguracji występowały krążki lodowe lodu szarego (ryc. 8). Występujące od 21 do 26 marca silne i bardzo silne wiatry z północnego wschodu (ryc. 9) połamały częściowo pozmarzany lód w środkowej i zachodniej części fiordu i doprowadziły do wyniesienia go na przedpole. Osiowa partia Hornsundu została oczyszczona z lodu.

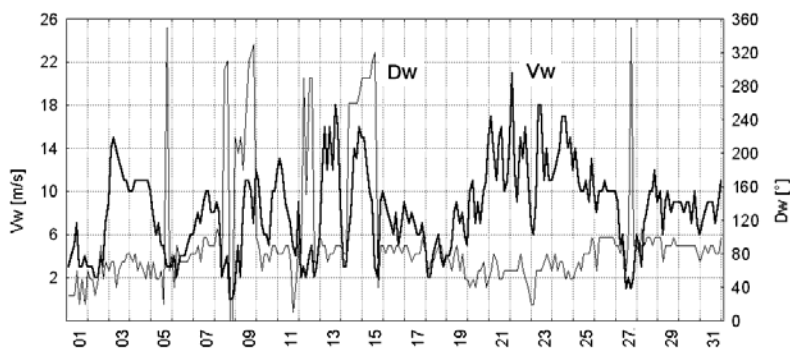


Ryc. 8. Rozmieszczenie lodu w Isbjornhamnie – 7, 12, 25 marca oraz w Hornsundzie – 15 marca 2005 r.

Fig. 8. Distribution of ice in Isbjornhamna on 7, 12, 25 March and in Hornsund on 15 March 2005

Zatoki poboczne, np. Sofiebogen, Isbjornhamna, Ariebukta, do ostatnich dni marca wypełniał lód skonsolidowany tworzony przez krążki lodu szaro-białego i szarego, wśród których, zwłaszcza w pobliżu brzegu, wmarznięte były drobne kry lodu pierwszorocznego. W niektórych miejscach osłoniętych od wiatru, które wcześniej zostały oczyszczone z lodu starszego, ponownie zaczął tworzyć się lód świeży

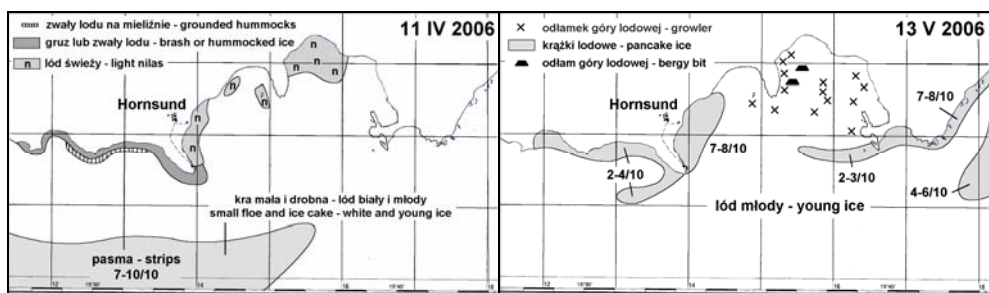
(ryc. 8 – szkic z 25 marca). Nieco dalej od brzegu, w prądach pływowych dryfowały różnej wielkości i zmiennej konfiguracji skupiska krążków lodowych (głównie budowane przez lód szary), a pomiędzy nimi rozciągały się z wiatrem pasma lepy lodowej i śryżu. Podobne pasma obserwowano również w osiowej partii fiordu. Występujące pod koniec marca silne wiatry z sektora wschodniego nie tylko wypchnęły większość lodu z Hornsundu, ale także odepchnęły dalej na zachód ławice i pola bardzo mocno zwartego lodu (9–10), dryfującego w wodach Prądu Sorkapskiego. Dzięki temu na przedpolu Hornsundu ogólna zawartość lodu zmalała do 3–5/10, choć lód dryfujący w pasmach w dalszym ciągu miał bardzo dużą koncentrację.



Ryc. 9. Zmiany prędkości (Vw) i kierunku (Dw) wiatru na stacji w Hornsundzie w marcu 2006 r.

Fig. 9. Plot of wind velocities (Vw) and direction (Dw) at Hornsund in March 2006

W pierwszych dniach kwietnia, przy utrzymujących się silnych wiatrach ze wschodu, proces oczyszczania fiordu z lodu trwał nadal. Jednocześnie wystąpiło gwałtowne ocieplenie. Poczynając od 5 kwietnia średnia dobowa temperatura powietrza przekraczała 0°C, a w ostatniej dekadzie dochodziła nawet do 3°C. Ocieplenie i silne wiatry ze wschodu przyczyniły się do szybkiego zaniku krążków lodowych utrzymujących się do tej pory w zatokach pobocznych. Jedynie wzdłuż brzegów, poczynając od skał Wilczekodden po Worcesterpynten, zalegał zbity, w różnym stopniu pokruszony lód, tworzący na mieliznach i przybrzeżnych skałach szerokie, przykryte śniegiem zwaly, a wzdłuż zachodnich brzegów



Ryc. 10. Rozmieszczenie lodu w Isbjornhamnie 11 kwietnia i 13 maja 2006 r.

Fig. 10. Distribution of ice in Isbjornhamna on 11 April and 13 May 2006

Isbjornhamny – tworzyły się skupienia pokruszonego lodu świeżego (ryc. 10 – szkic z 11 kwietnia). Po zmianie 10 i 11 kwietnia kierunku wiatru na zachodni, do Hornsundu na krótko zaczęła wchodzić lód allochtoniczny (ryc. 10). Przez kilka dni tworzył on w zachodniej części fiordu ławice i pasma o zmiennej konfiguracji i zwartości budowane przez drobną i bardzo drobną krę lodu białego i młodego. Od połowy kwietnia w Hornsundzie dominowały silne wiatry ze wschodu doprowadzające do oczyszczenia większości fiordu z lodu morskiego. Na śledzonych fragmentach północnego brzegu fiordu obserwowano jedynie resztki zbitego lodu w miejscach gdzie wcześniej były zwały lodowe, a w Isbjornhamnie, głównie w Krossvika i Kamavika, okresowe nagromadzenia gruzu lodowcowego. Lód stały utrzymywał się jedynie w Brepollen.

Od 9 maja na wodach środkowej, a później i zachodniej części fiordu zaczęły pojawiać się pasma pokruszonego lodu (krążki lodowe i bardzo drobna kra) wypływające z głębi fiordu (Burgerbukty i Brepollen). Pod wpływem wiatru i prądów pływowych część tego lodu gromadziła się okresowo wzdłuż brzegu w pobliżu polskiej Stacji Polarnej i Oceanograftangen (ryc. 10 – szkic z 13 maja). Poczynając od pierwszych dni kwietnia coraz częściej i intensywniej dochodziło do osypywania się lodu z klifu Lodowca Hansa, tak, że w 1 dekadzie maja zaczęły odłamywać się już większe kawały lodu. Pierwsze większe odłamy gór lodowych (o wysokości do 5 m n.p.m.) zauważono 13 maja (ryc. 10). Przez cały maj przedpole Hornsundu wolne było od lodu napływowego.

Aż do połowy czerwca pochodzący ze Storfjordu pierwszoroczny lód średni (70–120 cm), dryfujący w zwartych i bardzo zwartych (7–9/10) ławicach w wodach Prądu Wschodniospitsbergeńskiego dochodził jedynie do Sorkappu. Dopiero w 3 dekadzie zaczął on dryfować na zachód od Sorkappu i szybko przemieszczać się na północ wzdłuż SW wybrzeża Spitsbergenu, tak, że 26 czerwca pojawił się w rejonie Palffyodden, a 27 – wraz z prądem przyplwy – zaczął wkraczać do Hornsundu. Przeważająca część wejściowej partii fiordu pokryła się pasmami lodu o na ogół dużej koncentracji (6–8/10) i zmiennej konfiguracji. W środkowej partii fiordu dryfujący lód zajął tylko osiową jej część (po Gnaalodden). Lód ten przy północnym brzegu Hornsundu utrzymywał się do pierwszych dni lipca. W tym czasie po wodach Isbjornhamny dryfował gruz lodowcowy i growlery odłamane od klifu Lodowca Hansa.

4. Podsumowanie

Ze względu na nietypowy przebieg temperatury powietrza w rejonie południowego Spitsbergenu i wody w Prądzie Zachodniospitsbergeńskim oraz bardzo często występujące w Hornsundzie wiatry wschodnie, sezon lodowy 2005/2006 na wodach fiordu miał lekki przebieg. Choć lód morski na przedpolu Hornsundu, w porównaniu do warunków średnich pojawił się stosunkowo wcześniej, bo w 3 dekadzie listopada (gdy przeciętnie dopiero na początku lutego), to w sezonie lodowym 2005/2006 zdarzały się dłuższe okresy braku lodu morskiego wzdłuż SW wybrzeża Spitsbergenu (od 10 stycznia do 12 lutego, od 25 kwietnia do 20 czerwca).

Lód stały w sezonie lodowym 2005/2006 powstawał jedynie na wodach Brepollen, Burgerbukty oraz Samarinvagen i to w trzech cyklach (1 dekada listopada, 2 połowa grudnia, od 2 połowy lutego do 1 dekady maja). Zalodzenie całego Hornsundu było krótkotrwałe (2 połowa marca) i spowodowane wpływaniem do fiordu lodu allochtonicznego, dryfującego w wodach Prądu Sorkapskiego. Na środkowej i zachodniej partii fiordu lód *in situ* (początkowe postaci lodu) tworzył się jedynie w lutym i marcu. Pierwszy lód morski (lepa lodowa i śryż) na zachodnim brzegu Isbjornhamny pojawił się na końcu października, a ostatni – zdryfowane z głębi fiordu krążki lodowe i bardzo drobna kra lodu młodego i białego – w 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.
- Rodzik J., Wiktorowicz S., 1995, Shore ice of Hornsund fiord in the areas of the Polish Polar Station in Spitsbergen during the 1992/1993 winter. Wyprawy Geograficzne na Spitsbergen, UMCS Lublin: 191–195.
- 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 Academy of Sciences D-66 (373): 93–105.
- Styszyńska A., Wiśniewska B., 2002, Zlodzenie Zatoki Nottingham (SW Spitsbergen) w latach 1993–2001 – przebieg i uwarunkowania. Polish Polar Studies, Funkcjonowanie i monitoring geosystemów obszarów polarnych. Poznań: 279–303.
- Walczowski W., Piechura J., 2006, New evidence of warming propagating toward the Arctic Ocean. Geophysical Research Letters, 33, L12601, doi:10.1029/2006GL025872.
- Walczowski W., Piechura J., 2007, Pathways of the Greenland Sea warming. Geophysical Research Letters, 34, L10608, doi:10.1029/2007GL029974.
- Zakrzewski W., 1982, Lody na morzach. Wydawnictwo Morskie, Gdańsk: 313 s.

Summary

This article presents the development of sea ice cover in the waters of central and western part of the Hornsund Fjord, as well as in its foreshore during winter season 2005–2006. Due to long lasting (October-January) high air temperatures (Fig.1) the sea ice cover development of Hornsund was different from the average one. Significant decrease in air temperature was observed only in February (mean monthly -7.5°C) and in March (mean monthly -12°C). In such thermal conditions the maximum thickness of sea ice which might have been formed in the outer, sheltered from high seas areas of the fjord, estimated with the help of Zubov formula, could reach 35cm in thickness in January 2006, 48cm in February, up to 66–69cm in the period from March to May 2006 (Tab.1).

In summer and autumn 2005 only brash glacier ice and small icebergs broken off the glacier found in the sea in Hornsund drifted in the waters of the fjord. At this time brash glacier ice and growlers broken off the Hans Glacier periodically concentrated densely along the coast of Isbjorhamna.

In the first part of winter (November - January) the western part of the fjord was periodically covered with drift ice in the Sorkapp Current. At this time brash glacier ice from the adjacent glacier concentrated along the western coast of Isbjorhamna. The first, autochthonic ice started to be formed at Brepollen at the beginning of November and at Burgerbukta at the beginning of January. In February new ice appeared in the central and western part of Hornsund. The sea ice cover in the fjord was more extensive only in March when cover of young ice (10-30cm) was observed at Brepollen, pancake and young ice at Isbjorhamna, and coming from outside, strips of close pack ice drifted in the central and western part of Hornsund. In the middle of April the majority of fjord area was found ice free from sea ice. Ice cover was only observed at Brepollen. On 27th June strips of drifting ice in the Sorkapp Current appeared in the western part of the fjord. This ice remained at the northern coast of Hornsund till the first days of July.