

WPLYW WARUNKÓW POGODOWYCH NA ZMIENNOŚĆ ABLACJI LADOWCÓW WALDEMARA I IRENY (NW SPITSBERGEN) W SEZONIE LETNIM 2003 ROKU

Ireneusz Sobota

Zakład Kriologii i Badań Polarnych, Instytut Geografii UMK
ul. Fredry 6/8, 87–100 Toruń
irso@geo.uni.torun.pl

1. Wstęp

Systematyczne pomiary ablacji na Lodowcu Waldemara prowadzone są od 1996 roku (Sobota 1999, 2000, 2002). Są one częścią programu badań nad bilansem masy tego lodowca, który wchodzi w skład lodowców objętych światowym monitoringiem tego typu badań (IAHS(ICS)/UNEP/UNESCO, 2003). Z kolei na Lodowcu Ireny pomiary ablacji prowadzone są od roku 2001 (Sobota 2002).

Obserwacje meteorologiczne i klimatyczne na Kaffiøyrze prowadzone są od 1975 roku w oparciu o Stację Polarną UMK. Dotyczą one jedynie sezonu letniego, często z różnymi terminami obserwacji. Związane jest to różnymi datami rozpoczęcia i zakończenia poszczególnych wypraw. Szczegółowej charakterystyki warunków pogodowych wszystkich sezonów letnich dokonali Przybylak i Szczeblewska (2002). Dłuższy okres pomiarowy miał miejsce jedynie w okresie od lipca 2001 roku do kwietnia 2002 (Sobota 2003).

Czasowa zmienność ablacji lodowcowej wykazuje ścisły związek z warunkami pogodowymi w danym sezonie. Szczególny wpływ na kształtowanie wielkości ablacji mają takie parametry meteorologiczne jak: temperatura powietrza oraz warunki anemometryczne, a zwłaszcza przeważające kierunki wiatru. Ich znaczenie w istotny sposób determinowane jest przez lokalne uwarunkowania lodowca.

2. Obszar i metody badań

Równina Kaffiøyra wchodzi w skład Ziemi Oscara II. Jest to nizina nadmorska położona nad brzegami Cieśniny Forland. Jej naturalne granice na północy stanowi Lodowiec Aavatsmark, kończący się w Zatoce Hornbaek, a na południu Lodowiec Dahl, spływający do zatoki o tej samej nazwie. Od wschodu Kaffiøyra graniczy z sześcioma lodowcami biorącymi początek w masywach górskich Prins Heinrich i Jacobson.

Lodowiec Waldemara jest lodowcem typu alpejskiego spływającym doliną lodowcową ku Równinie Kaffiøyra. Zajmuje on powierzchnię około 2.7 km² (Lankauf, 2002). Lodowiec Ireny jest lodowcem dolin-

nym zlokalizowanym na południe od Lodowca Waldemara, spływającym również ku Równinie Kaffiøyra. Powierzchnia Lodowca Ireny wynosi 4.3 km². Charakterystyczną cechą tego lodowca są dwa wyraźne cyrki lodowcowe.

Pomiary meteorologiczne były kontynuacją dotychczasowych badań toruńskich. Ze względu na charakter prowadzonych badań pomiarami objęto takie parametry jak: średnia, maksymalna i minimalna temperatura powietrza, kierunek i prędkość wiatru oraz opady atmosferyczne. Pomiary prowadzone były za pomocą automatycznej stacji meteorologicznej, której czujniki zlokalizowane były w klatce meteorologicznej w pobliżu Stacji. Znajdowały się one na wysokości 2 m nad powierzchnią terenu. Wartości poszczególnych elementów meteorologicznych rejestrowane były co pół godziny. Deszczomierze zlokalizowano na morenie czołowo-bocznej Lodowca Aavatsmarka na wysokości 11.5 m n.p.m. oraz na plaży w odległości około 150 m od morza.

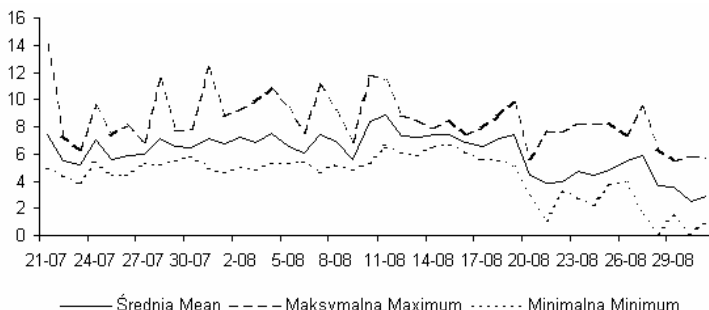
Pomiary ablacji prowadzone były w oparciu o sieć tyczek ablacyjnych zainstalowanych na lodowcach na głębokość 10 m. Na Lodowcu Waldemara znajdują się 22 tyczki, a na Lodowcu Ireny 10 tyczek. Pomiary wykonywane były co 5–7 dni. Pozwoliło to określić czasową i przestrzenną zmienność tego zjawiska. Tyczki ablacyjne zlokalizowane były we wszystkich przedziałach wysokościowych. Wartości ablacji zostały interpolowane na całą powierzchnię lodowca. Dzięki temu uzyskano ablację w poszczególnych przedziałach wysokościowych. Ponadto obliczono wielkość ablacji dla strefy czołowej i strefy akumulacyjnej tych lodowców. Ubytek lodu przeliczono na ekwiwalent wodny (e.w.). W tym celu jako przelicznik przyjęto gęstość lodu 0.9 g·cm⁻³. Obliczenia te sprecyzowano dodatkowo o pomiary gęstości tak zwanej warstwy ablacyjnej, która tworzy się na powierzchni lodowca przy odpowiednich warunkach pogodowych. Każdorazowo prowadzono pomiary miąższości tej warstwy. Określono jej gęstość na 0.6–0.8 g·cm⁻³. W miejscach lodowca, gdzie występował śnieg w obliczeniach ablacji dokonywano poprawki o odpowiednią gęstość śniegu.

3. Warunki meteorologiczne na Kaffiøyrze w sezonie letnim 2003 roku

Średnia dobowa temperatura powietrza w sezonie letnim 2003 roku (10.07.-03.09.) na Kaffiøyrze wyznaczona na podstawie codziennych pomiarów wyniosła 6.1°C. Również w porównywalnym dla wcześniejszych sezonów letnim okresie od 21.07. do 31.08. średnia dobowa temperatura powietrza wyniosła 6.1°C (tab. 1). Jest to wartość wyraźnie wyższa od średniej sezonowej, która dla wielolecia 1975–2003 wynosi 4.8°C. Wartość ta jest również zbliżona do średniej temperatury powietrza w tym czasie w Ny Alesundzie, która wyniosła 5.9°C (AWI). Średnia dobowa temperatura maksymalna zmieniała się od 4.9 do 14.1°C. Średnia sezonowa temperatura maksymalna wyniosła 8.5°C. Średnia dobowa temperatura minimalna wahała się od 0.1 do 6.7°C. Średnia minimalna temperatura dla sezonu wyniosła 4,1 °C, przy średniej dla wielolecia 3,3 °C. Najcieplejsza była pierwsza i druga dekada sierpnia (ryc. 1).

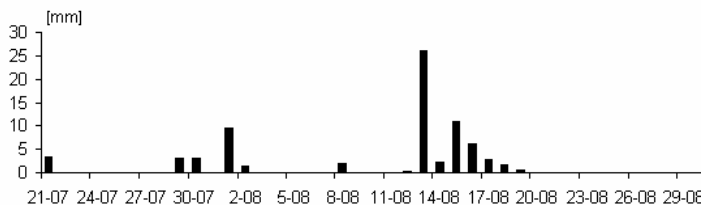
Opady atmosferyczne w tym okresie były wyższe od średniej wieloletniej (49.2 mm) i wyniosły 74 mm. Średnio w okresie tym było 59.5% dni z opadem, w tym 23.8% przypadło na opady śladowe. Najbardziej deszczowa była II dekada sierpnia (ryc. 2). Z kolei sytuacja anemologiczna charakteryzowała się dominacją wiatrów z kierunków ESE–SE–SSE oraz NW–WW–NNW (ryc. 3), z przewagą wiatrów z sektora południowego (63.9%). Była to sytuacja charakterystyczna również dla poprzednich sezonów, kiedy przeważały wiatry z sektora północnego, bądź południowego. Spowodowane to było przede wszystkim lokalnymi uwarunkowaniami orograficznymi. Największe średnie wartości prędkości odnotowano dla wiatru z kierunku SE (7.3 ms⁻¹), ESE (5.7 ms⁻¹) i NW (5.0 ms⁻¹). Średnia dobowa prędkość wiatru wyniosła

5.4 ms⁻¹. Wyższa średnia temperatura powietrza w sezonie letnim 2003 roku spowodowana była również dużym udziałem adwekcji powietrza z kierunków E, SE i ESE (5 %).



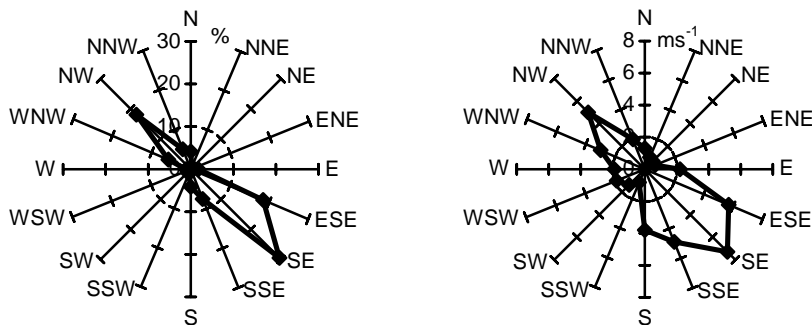
Ryc. 1. Przebieg średnich, maksymalnych i minimalnych dobowych wartości temperatury powietrza [°C] na Kaffiøyrze w okresie od 21.07. do 31.08. 2003 roku

Fig. 1. Course of mean, maximum and minimum daily values of air temperature [°C] on the Kaffiøyra Plain in the period 21st July to 31st August 2003



Ryc. 2. Przebieg dobowych wartości opadów atmosferycznych na Kaffiøyrze w okresie od 21.07. do 31.08. 2003 roku

Fig. 2. Course of mean daily values of atmospheric precipitation on the Kaffiøyra Plain in the period 21st July to 31st August 2003



Ryc. 3. Częstotliwość [%] kierunków wiatru i średnia prędkość [ms⁻¹] wiatru według kierunków na Kaffiøyrze w okresie od 21.07. do 21.09. 2003 roku

Fig. 3. Frequency [%] of wind directions and mean wind velocity [ms⁻¹] at Kaffiøyra in the period 21st July to 31st August 2003

Tabela 1 – Table 1

Dobowe wartości wybranych parametrów meteorologicznych na Równinie Kaffiøyra (NW Spitsbergen)
w okresie 21.07–31.08 2003 roku

Daily values of the selected meteorological elements in the period 21.07-31.08.2003 in the Kaffiøyra Plain
(NW Spitsbergen)

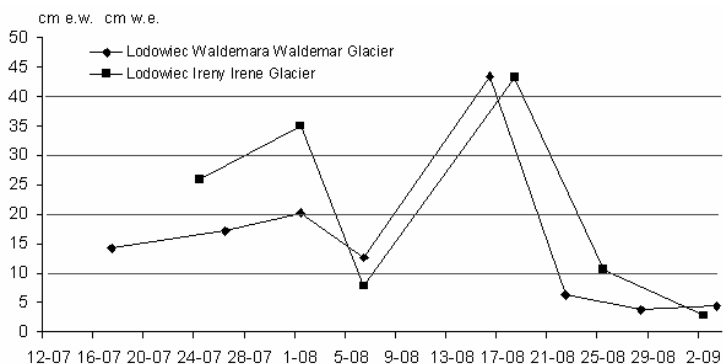
Data Date	Ti	Tmax [°C]	Tmin	P [mm]	V ms ⁻¹	Data Date	Ti	Tmax [°C]	Tmin	P [mm]	V ms ⁻¹
21.07	7.4	14.1	5	·	7.7	11.08	8.9	11.5	6.6	26.0	12.5
22.07	5.5	7.3	4.4	·	6.7	12.08	7.3	8.9	6.1	2.2	7.2
23.07	5.2	6.3	3.9	·	5.8	13.08	7.2	8.5	5.9	11.0	8.0
24.07	7.0	9.5	5.5	·	2.3	14.08	7.4	7.9	6.6	6.2	7.5
25.07	5.6	7.3	4.4	·	3.9	15.08	7.4	8.5	6.7	2.9	8.8
26.07	5.9	8.1	4.4	·	4.5	16.08	6.8	7.4	6.2	1.8	5.8
27.07	6.0	6.8	5.3	·	7.1	17.08	6.6	7.9	5.6	0.7	5.5
28.07	7.1	11.6	5.2	3.0	1.5	18.08	7.1	8.8	5.6	0.1	4.7
29.07	6.6	7.7	5.5	3.1	4.7	19.08	7.4	9.8	5.1	0.1	2.0
30.07	6.5	7.8	5.9	9.5	8.0	20.08	4.4	5.6	2.9	·	6.4
31.07	7.1	12.3	5.0	1.5	11.5	21.08	3.9	7.6	1.1	·	1.2
01.08	6.7	8.8	4.6	·	8.2	22.08	4.0	7.6	3.3	·	2.9
02.08	7.2	9.3	5	·	5.2	23.08	4.7	8.3	2.8	·	3.2
03.08	6.8	9.8	4.8	·	4.2	24.08	4.4	8.2	2.2	·	3.3
04.08	7.5	10.8	5.3	·	5.2	25.08	4.8	8.3	3.8	·	1.2
05.08	6.6	9.4	5.3	·	5.9	26.08	5.5	7.3	4	·	2.0
06.08	6.1	7.5	5.5	1.9	3.6	27.08	5.9	9.4	1.5	·	0.8
07.08	7.4	11.1	4.6	·	2.0	28.08	3.7	6.4	0.1	·	2.9
08.08	6.9	9.3	5.2	·	4.9	29.08	3.6	5.5	1.4	·	6.4
09.08	5.6	6.8	4.8	·	8.3	30.08	2.5	5.9	0.1	·	5.4
10.08	8.4	11.9	5.3	0.3	11.5	31.08	2.9	5.7	1.0	·	5.9
							6.3	9.0	5.0	19.4	5.8
							6.9	9.5	5.0	3.4	5.9
							7.1	8.5	5.7	51.3	6.8
							4.2	7.3	1.9	0.0	3.2
							6.0	8.4	4.2	54.7	5.2
							6.1	8.5	4.4	74.1	5.4

Objaśnienia: Ti – średnia dobową temperatura powietrza. Tmax – temperatura maksymalna.
Tmin – temperatura minimalna, P – opad atmosferyczny, V – prędkość wiatru.

Explanations: Ti – mean daily air temperature. Tmax – maximum temperature.
Tmin – minimum temperature. P – atmospheric precipitation. V – wind velocity.

4. Czasowa zmienność ablacji Lodowca Waldemara i Lodowca Ireny

Sezon letni 2003 roku charakteryzował się średnią temperaturą powietrza wyższą od wartości wieloletniej dla obszaru Kaffiøry. Miało to wyraźny wpływ na całkowitą wielkość ablacji Lodowca Waldemara i Ireny. W czasowej zmienności ablacji tych lodowców największe wartości stwierdzono w ostatniej dekadzie lipca i w połowie sierpnia (ryc. 4). W tym okresie odnotowano również najwyższe wartości temperatury powietrza. Szczególnie wpływ temperatury powietrza zaznaczył się w pierwszej i drugiej dekadzie sierpnia, które charakteryzowały się najwyższą średnią temperaturą w całym analizowanym okresie (6.9 i 7.1°C). Ablacja Lodowca Waldemara i Ireny wyniosła w tym czasie ponad 40 cm e.w. Istotny wpływ na tak duże topnienie miały również zjawiska o charakterze fenowym, odnotowane w tym czasie. Średnia dobową ablacją Lodowca Waldemara wyniosła 2.3 cm e.w., a Lodowca Ireny 2.2 cm e.w.

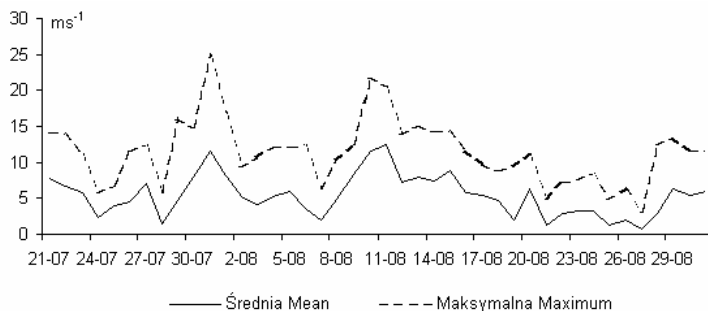


Ryc. 4. Przebieg ablacji Lodowca Waldemara i Lodowca Ireny w sezonie letnim 2003 roku
 Fig. 4. Course of ablation of Waldemar Glacier and Irene Glacier in the summer 2003

Czasowa zmienność ablacji Lodowca Waldemara i Ireny na różnych wysokościach nad poziomem morza wykazywała wyraźne zróżnicowanie. Największą zmienność obserwowano w najniższej położonych partiach lodowca. W miarę wzrostu wysokości wahania te ulegają zmniejszeniu. Istnieje wyraźna różnica w przebiegu intensywności ablacji w części czołowej i części akumulacyjnej lodowca. Jest to głównie związane z odmiennymi warunkami pogodowymi, jakie tam panują. Latem 2003 roku na obszarze pola akumulacyjnego Lodowca Waldemara cały czas zalegał śnieg, a następnie papka wodno-śnieżna. Z kolei na Lodowcu Ireny przez cały okres w jego cyrkach zalegał głównie śnieg. Średnia dobowa ablacja w strefie czołowej Lodowca Waldemara wyniosła 2.7 cm e.w., a na polu akumulacyjnym 1.5 cm e.w. Natomiast na Lodowcu Ireny wartości te wyniosły odpowiednio 2.8 i 1.4 cm e.w.

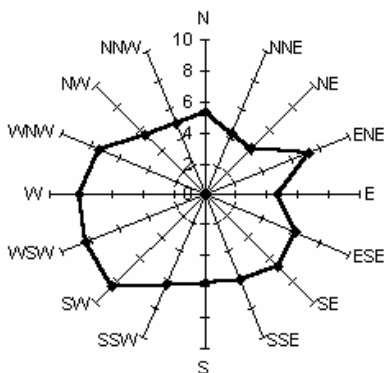
Pewien wpływ na kształtowanie wielkości ablacji wydaje się mieć także wielkość opadów atmosferycznych. Pomimo niewielkich opadów i krótkiego czasu badań daje się zauważyć, że przy wyższych opadach również ablacja jest większa. Pewną intensyfikację ablacji powierzchniowej w wyniku opadów deszczu na Lodowcu Waldemara stwierdzają również Wójcik i in. (1999). Należy jednak zwrócić uwagę, że największe opady na ogół pokrywały się z okresami o najwyższej temperaturze powietrza, której rola jest tu nadrzędna. Wpływ opadów ma charakter pośredni, polegający głównie na rozmywaniu papki wodno-śnieżnej i śniegu, co podwyższa wartość ablacji w danym okresie. Opady przyczyniają się również do przekształcania pokrywy śnieżnej w papkę wodno-śnieżną, co ma wpływ na zmianę jej albedo i może istotnie zmienić wielkość ablacji w czasie.

Analizując przebieg ablacji Lodowca Waldemara i Lodowca Ireny, niezależnie od jego wysokości nad poziomem morza, obserwuje się okresy o dużej intensywności zjawiska, jak i okresy z jego brakiem. Należy również zwrócić uwagę, że w wyższych partiach lodowców początek ablacji nastąpił z pewnym opóźnieniem w stosunku do obszarów położonych niżej i w tym miejscu najszybciej zakończył się sezon ablacyjny. Jednakże wysoka temperatura powietrza, przy niewielkiej powierzchni badanych lodowców powodowała, że przez większą część sezonu letniego, ablacja intensywnie zachodziła na całej ich powierzchni. W czasie omawianych badań prowadzono równocześnie szczegółowe obserwacje struktury powierzchni lodowca oraz rozwoju sieci rzecznej. Okresy wzmożonej ablacji pokrywały się z terminami zwiększonego natężenia przepływu cieków na lodowcu i spływu powierzchniowego. Powodowało to większą intensywność ablacji, poprzez rozmywanie obszarów pokrytych papką wodną-śnieżną, co doprowadzało do odsłaniania coraz większych partii czystego lodu na powierzchni lodowca.



Ryc. 5. Przebieg średnich dobowych wartości prędkości wiatru na Kaffiøyrze w okresie od 21.07. do 31.08. 2003 roku

Fig. 5. Course of mean daily values of wind velocity on the Kaffiøyra Plain in the period 21st July to 31st August 2003



Ryc. 6. Średnia temperatura powietrza [°C] według kierunków wiatru na Kaffiøyrze w okresie od 21.07. do 31.08. 2003 roku

Fig. 6. Mean air temperature [°C] according to wind directions at Kaffiøyra in the period 10th July to 31st August 2003

Lodowce Waldemara i Ireny rozciągają się w kierunku wschód – zachód i otoczone są pasmami górskimi. Ma to istotne znaczenie w kształtowaniu wielkości ablacji letniej, zwłaszcza, kiedy występuje zjawisko fenu, często obserwowane na tym obszarze. Między innymi wystąpiło ono w pierwszej i drugiej dekadzie sierpnia. W okresie tym przeważał wiatr z kierunku SE, co sprzyjało przenoszeniu ciepłych mas powietrza wzdłuż całej powierzchni lodowców. Efektem tego była bardzo duża ablacja, a także rozmycie istniejących do tego czasu płatów papki wodno-śnieżnej. Dodatkowo oddziaływanie to jest potęgowane przez fakt, że w okresie tym wiatr osiągał największe średnie i maksymalne prędkości (ryc. 5). Średnia prędkość wiatru w dwóch pierwszych dekadach sierpnia wyniosła 5.9 i 6.8 ms⁻¹. Natomiast średnia maksymalna prędkość wiatru wyniosła odpowiednio 12.5 i 12.9 ms⁻¹. Podobną sytuację obserwowano w poprzednich sezonach letnich. Świadczy to o wyraźnym wpływie wiatru na wielkość ablacji lodowcowej. Ponadto charakterystyczne jest, że najwyższą średnią temperaturą powietrza odznaczały się terminy z wiatrem wiejącym z sektora zachodniego (ryc. 6). Miało to istotne znaczenie w kształtowaniu wielkości ablacji, gdyż jest to kierunek zgodny z główną osią analizowanych lodowców.

5. Zmienność ablacji Lodowca Waldemara i Lodowca Ireny z wysokością nad poziomem morza

Charakterystyczną cechą większości lodowców jest zmniejszanie się ablacji wraz z wysokością jego położenia nad poziomem morza. Wysoko położone partie lodowca są pod wpływem oddziaływania niższych wartości temperatury powietrza i ablacja jest tam znacznie mniejsza lub nie zachodzi w ogóle. Z kolei najniższa część lodowca znajduje się na ogół w strefie cieplejszych mas powietrza, a ablacja jest tam zdecydowanie większa. Często znaczący wpływ na zróżnicowanie wysokościowe wielkości ablacji mają lokalne warunki danego lodowca, m.in. takie jak: nachylenie, ekspozycja, otoczenie stokami górskimi, stopień pokrycia materiałem morenowym, sieć cieków supraglacialnych.

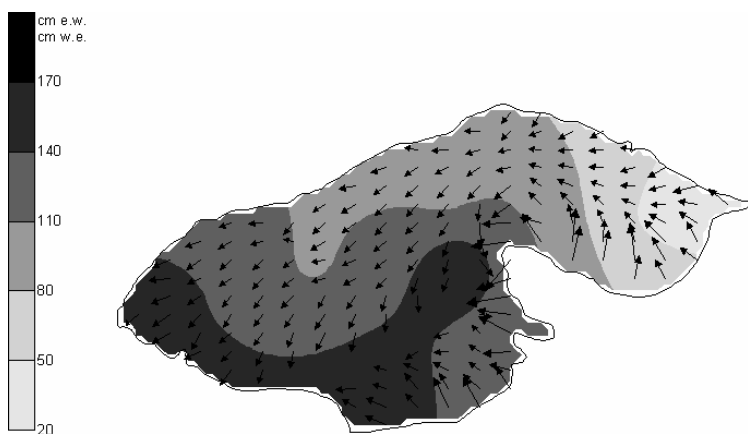
W przypadku Lodowca Waldemara największe wartości ablacji stwierdzono do wysokości 250 m n.p.m. Wyżej ablacja wyraźnie się zmniejszała. Podobna sytuacja miała miejsce w przypadku Lodowca Ireny. Gradient ablacji Lodowca Waldemara wyniósł 34 cm e.w. na 100 m wysokości, a Lodowca Ireny 33 cm e.w. Zmniejszanie się ablacji Lodowca Waldemara wraz z wysokością nad poziomem morza obserwowano również w latach 1996–1998 (Sobota 1998, 1999). Stwierdzają to także Wójcik i in. (1999), którzy dla Lodowca Waldemara podają, że w latach 1977, 1978 i 1980 średni gradient ablacji wyniósł 195 cm e.w. na 100 m wysokości. Współczynnik korelacji pomiędzy wysokością nad poziomem morza Lodowca Waldemara, a ablacją w analizowanym czasie wyniósł -0.93 , a dla Lodowca Ireny -0.90 .

Elementem meteorologicznym mającym bardzo ważny wpływ na wielkość ablacji Lodowca Waldemara i Lodowca Ireny jest usłonecznienie, zwłaszcza w powiązaniu z ekspozycją powierzchni tych lodowców. Szczególnie jest to widoczne w przypadku Lodowca Waldemara. Lodowiec ten posiada nachylenie w kierunku moreny środkowej, dlatego obserwuje się też pewne zróżnicowanie ablacji na tej samej wysokości nad poziomem morza (Sobota 1999). Na rycinach 7 i 8 przedstawiono powierzchniowe zróżnicowanie ablacji Lodowca Waldemara i Lodowca Ireny na tle wektorów kierunku nachylenia ich powierzchni w sezonie letnim 2003 roku. Największe wartości ablacji Lodowca Waldemara wystąpiły w strefie czołowej lodowca i wzdłuż północnej części moreny środkowej (powyżej 140 cm e.w.). Obszary te pokrywają się z kierunkami nachylenia tych powierzchni. W partii czołowej lodowca główną rolę odgrywa wysokość położenia. Z kolei jego nachylenie wzdłuż moreny środkowej stanowi wyraźną ekspozycję południową, co ma istotny wpływ na kształtowanie wielkości ablacji tej części lodowca. Dodatkowo topnienie na tym obszarze zwiększa gęsta sieć cieków supraglacialnych, a także pokrycie powierzchni lodowca materiałem morenowym. W przypadku Lodowca Ireny spadek ablacji z wysokością nad poziomem morza jest bardziej równomierny i wyrównany.

Rolę gradientu wysokościowego w kształtowaniu wielkości ablacji zmniejsza fakt występowania w poszczególnych przedziałach wysokościowych, obszarów o różnych cechach morfologicznych jak również zmiennej charakterystyce niektórych elementów meteorologicznych. Przykładowo w roku 1998 ablacja w części akumulacyjnej Lodowca Waldemara była wyższa, aniżeli na obszarze położonym o 100 m niżej. Jednakże spostrzeżenia te nie wykluczają ogólnej tendencji zmniejszania się ablacji wraz ze wzrostem wysokości nad poziomem morza analizowanych lodowców.

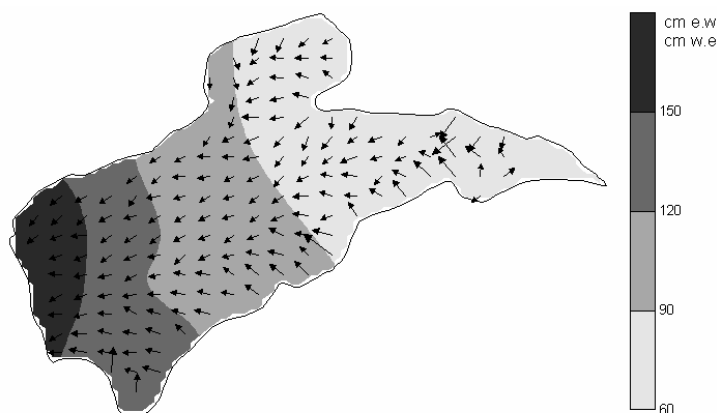
6. Przestrzenna zmienność ablacji Lodowca Waldemara i Lodowca Ireny

Przestrzenne zróżnicowanie ablacji Lodowca Waldemara w sezonie letnim 2003 roku było większe, aniżeli w przypadku Lodowca Ireny (ryc. 9, 10). Było to przede wszystkim spowodowane warunkami pogodowymi panującymi w poszczególnych jego częściach, a także ukształtowaniem powierzchni. Największe wartości ablacji stwierdzono w strefie czołowej lodowca do wysokości 250 m n.p.m.



Ryc. 7. Zróżnicowanie przestrzenne ablacji Lodowca Waldemara na tle kierunków wektorów nachylenia powierzchni latem 2003 roku

Fig. 7. Spatial diversity of ablation of Waldemar Glacier against area slopes vectors directions in summer 2003



Ryc. 8. Zróżnicowanie przestrzenne ablacji Lodowca Irene na tle kierunków wektorów nachylenia powierzchni latem 2003 roku

Fig. 8. Spatial diversity of ablation of Irene Glacier against area slopes vectors directions in summer 2003

Maksymalna stwierdzona wartość całkowitej ablacji Lodowca Waldemara wyniosła 154 cm e.w., a najniższą całkowitą wartość ablacji odnotowano na wysokości powyżej 400 m n.p.m. (około 50 cm e.w.). Główną przyczyną takiej sytuacji była podwyższona średnia temperatura powietrza oraz występujące zjawiska fenowe. Były one przyczyną bardzo szybkiego zaniku pokrywy śnieżnej i papki wodno-śnieżnej, co przyspieszało topnienie czystego lodu. Dużej ablacji sprzyjało wykształcenie się gęstej sieci potoków supraglacialnych w czołowej i środkowej części lodowca. Bardzo duża ablacja wystąpiła w części lodowca na południe od moreny środkowej.

Również z analizy 5–10.dniowego zróżnicowania wartości ablacji Lodowca Waldemara i Ireny w ujęciu przestrzennym wynika, że latem 2003 roku we wszystkich terminach największa ablacja występowała w strefie czołowej lodowca, wzdłuż moreny środkowej, a najmniejsza w partii akumulacyjnej Lodowca Waldemara. Taki rozkład ablacji był wynikiem wyjątkowo ciepłego lata i częstych zjawisk fenowych, także w akumulacyjnej partii lodowca. Lodowiec Ireny w poszczególnych terminach odznaczał się podobnym przestrzennym rozkładem ablacji.

7. Podsumowanie

W roku 2003 największa ablacja wystąpiła w strefie czołowej lodowca, powyżej 140 cm e.w., a na obszarze pola akumulacyjnego była o 100 cm e.w. niższa. Na Lodowcu Ireny ablacja w strefie czołowej była największa i wyniosła do 160 cm e.w., natomiast najmniejszymi wartościami charakteryzowała się część akumulacyjna. Całkowita ablacja Lodowca Waldemara w sezonie letnim 2003 wyniosła 118.1 cm e.w. Natomiast Lodowca Ireny odpowiednio 111.1 cm e.w. Różnica ta była spowodowana przede wszystkim niższą ablacją w cyrkach Lodowca Ireny. Niższa ablacja w tych częściach lodowca spowodowana była między innymi przez śnieg, który zalegał tam do końca sezonu ablacyjnego. Całkowita ablacja lodowca Waldemara i Lodowca Ireny w sezonie letnim 2003 roku była zbliżona. Jedynie w strefie czołowej Lodowca Ireny, która zajmuje większą powierzchnię położoną na niższej wysokości nad poziomem morza, ablacja była większa. Charakterystyczne jest, że dość intensywne ablacje odnotowane zostały również w najwyższej położonych częściach tych lodowców.

Pomimo niewielkich powierzchni badane lodowce charakteryzują się dużym przestrzennym zróżnicowaniem wielkości ablacji. Obok gradientu wysokości, zmienność ta wywołana jest warunkami lokalnymi (ekspozycja, osłonięcie, pokrycie materiałem morenowym, selektywne topnienie, nachylenie powierzchni oraz gęstość i układ cieków supraglacialnych). Dodatkowo wpływ ten jest potęgowany przez warunki meteorologiczne panujące w danym sezonie letnim.

Szczególną rolę odgrywa temperatura powietrza i oddziaływanie wiatru. Sezon 2003 roku charakteryzował się wyjątkowo wysoką średnią temperaturą powietrza, która dla obszaru Kaffiøry za okres 08.07. – 04.09.2003 wyniosła 6.1°C. Stwierdzono wyraźny związek pomiędzy przebiegiem dobowej temperatury powietrza, a wielkością ablacji tych lodowców. Poszczególne elementy meteorologiczne wykazują wyraźny związek z ablacją lodowców w ich poszczególnych częściach. Największą zależność korelacyjną uzyskano dla relacji ablacji ze średnią temperaturą powietrza, średnią prędkością wiatru i opadami atmosferycznymi. Na Lodowcu Waldemara najsilniejsze związki w części akumulacyjnej stwierdzono w odniesieniu do opadów atmosferycznych ($r > 0.8$) i średniej prędkości wiatru ($r > 0.75$), natomiast w części ablacyjnej w odniesieniu do temperatury powietrza (zarówno średniej jak i minimalnej, $r > 0.78$) i opadów ($r > 0.75$). Na Lodowcu Ireny najsilniejsze związki wielkości ablacji z analizowanymi elementami meteorologicznymi zarówno w części akumulacyjnej jak i ablacyjnej stwierdzono w odniesieniu do opadów ($r > 0.9$ – część akumulacyjna, $r > 0.85$ – część ablacyjna) i średniej prędkości wiatru ($r > 0.85$ – część akumulacyjna, $r > 0.75$ – część ablacyjna). Przeprowadzona analiza korelacyjna wskazuje iż wpływ temperatury powietrza na wielkość ablacji na Lodowcu Waldemara był w 2003 r. nieco większy w części ablacyjnej, natomiast na Lodowcu Ireny w części akumulacyjnej.

Podsumowując te rozważania można stwierdzić, że do najważniejszych elementów meteorologicznych mających wpływ na kształtowanie wielkości ablacji Lodowca Waldemara i Lodowca Ireny, należą temperatura powietrza, wiatr, usłonecznienie oraz opady atmosferyczne. Należy jednak podkreślić, że

znaczenie tych ostatnich jest wyraźnie determinowane przez lokalne uwarunkowania danego lodowca. Wyjątkowo duże oddziaływanie ma zjawisko fenu, któremu sprzyjają warunki orograficzne otoczenia lodowców. Ciepłe masy powietrza, nawet przy pochmurnej pogodzie powodują bardzo intensywną ablację powierzchniową lodu i pokrywy śnieżnej. Wysoka średnia temperatura powietrza spowodowała, że ablacja intensywnie zachodziła na całej powierzchni analizowanych lodowców, co nie jest obserwowane w każdym sezonie letnim.

Podziękowania

Badania prowadzone były w ramach grantu JM Rektora UMK 509-G: „Struktura i dynamika bilansu masy lodowców północno-zachodniego Spitsbergenu w warunkach zmieniającego się klimatu”. Autor pragnie podziękować wszystkim uczestnikom wyprawy za pomoc w pracach terenowych oraz dyskusję wyników.

Literatura

- IAHS(ICSJ)/UNEP/UNESCO, 2003, Glacier mass balance bulletin no. 7. (Haeblerli, W., Hoelzle, M., Frauenfelder, R and Zemp, M.; eds.), World Glacier Monitoring Service, University and ETH Zurich.
- Lankauf K. R., 2002, Recesja lodowców rejonu Kaffiøyry (Ziemi Oskara II-Spitsbergen) w XX wieku. *Prace Geograficzne*, 183, Warszawa. s. 221.
- Przybylak R., Szczepiełowska E., 2002, Warunki meteorologiczne na Kaffiøyrze (NW Spitsbergen) w czasie trwania Toruńskich Wypraw Polarnych, 1875-2001. [w] *Funkcjonowanie i monitoring geosystemów obszarów polarnych, XXVIII MSP*, Poznań: 217-238.
- Sobota I., 1998, Ablacja i odpływ z lodowca Waldemara w sezonie letnim 1997. [w:] *Relief, Quaternary Paleogeography and Changes of the Polar Environment Polar Session. Spitsbergen Geographical Expeditions.*, UMCS, Lublin: 149-168.
- Sobota I., 1999, Ablation of Waldemar Glacier in summer seasons of 1996, 1997 and 1998. *Polish Polar Studies, XXVI Polar Symposium*, Lublin 1999: 257-274.
- Sobota I., 2000, Ablation and discharge of the Waldemar Glacier, north-western Spitsbergen, in summer 1998. *Polish Polar Research*, Warszawa, 21(1): 3-18.
- Sobota I., 2002, Ablacja lodowca Waldemara i lodowca Ireny (NW Spitsbergen) w sezonie letnim 2001 roku. [w] *Funkcjonowanie i monitoring geosystemów obszarów polarnych, Materiały konferencyjne XXVIII MSP*, Poznań: 84-87.
- Sobota I., 2003, Warunki meteorologiczne i wybrane problemy akumulacji śniegu w regionie Kaffiøyry (NW Spitsbergen) w okresie od lipca 2001 roku do kwietnia 2002 roku, *Problemy Klimatologii Polarnej*, 13: 139-149.
- Wójcik G., Marciniak K., Przybylak R., 1999, Ablacja lodowca Waldemara (Ziemia Oskara II, NW Spitsbergen) w sezonach letnich 1977, 1978 i 1980. *Problemy Klimatologii Polarnej*, 9: 89-102.

INFLUENCE OF METEOROLOGICAL CONDITIONS ON ABLATION OF WALDEMAR GLACIER AND IRENE GLACIER (NW SPITSBERGEN) IN THE SUMMER SEASON OF 2003

Summary

The paper presents the results of meteorological measurements carried out in the Kaffiøyra Plain in the summer season of 2003. The main meteorological observations were conducted in N.Copernicus Polar Station, situated in northern part of the Kaffiøyra (NW Spitsbergen). The paper also presents the results of ablation measurements on the Waldemar Glacier and Irene Glacier, which are located at Kaffiøyra Region.

The mean air temperature in the summer period (21.07. to 31.08.2003) was 6.1 °C and was visibly higher than the long-term average. The sum of precipitation in this time was 74 mm and was higher than the long-term average. The comparison between summer season 2003 and mean values from the years 1975-2003 in the common period shows that this season was characterised by air temperature higher than many years' values.

The Waldemar Glacier and Irene Glacier are located in the northern part of the Oscar II Land, northwestern Spitsbergen. In spite of small areas of these glaciers, there is great spatial variation of ablation.

Both Waldemar Glacier and Irene Glacier area and the height difference between the accumulation zone and the ablation area are relatively small. Nevertheless, spatial variation of ablation is observed. In this summer season the highest ablation values of Waldemar Glacier were noted in the ablation area of the glacier up to the altitude of about 250 m a.s.l., as well as at the foot of its medial moraine. The highest ablation values of Irene Glacier were noted in the ablation area of the glacier up to the altitude of about 300 m a.s.l.. During the analysed season a high average air temperature was observed. It resulted in increased ablation if compared to the previous seasons. Average air temperature and local glacier conditions were accepted as the main factors of ablation.

The glacier average total summer ablation of Waldemar Glacier was 118.1 cm w.e. And Irene Glacier 111.1 cm w.e., respectively. The main meteorological parameters, which have an influence on ablation, are air temperature, wind velocity, insolation and participation. But it must be stressed that these parameters are clearly determined by local conditions of glaciers such as hypsometry, solar exposition, slope as well as density and the course of supraglacial streams.