

PIOTR CIAPUTA

Zakład Biologii Antarktyki PAN
Ustrzycka 10, 02-141 Warszawa
e-mail: piotrek@dab.waw.pl

PINGWINY ZATOKI ADMIRALICJI (WYSPA KRÓLA JERZEGO, ANTARKTYKA)

BIOLOGIA PINGWINÓW

Pingwiny są nielotnymi ptakami przystosowanymi do życia w chłodnych wodach morskich. Spotkać je możemy wyłącznie na południowej półkuli, najliczniej u wybrzeży Antarktydy i w pobliżu jej wysp (HARRISON 1985). Największa liczba gatunków występuje pomiędzy 45° i 55° szerokości geograficznej południowej w morzach rejonu Nowej Zelandii. Niektóre gatunki występują wzdłuż chłodnych prądów morskich wcinających się daleko na północ po południowe brzegi Australii i Afryki, oraz zachodnie wybrzeża Ameryki Południowej. W zasadzie nie przekraczają północnej granicy południowej strefy umiarkowanej, lecz jeden gatunek sięga prawie równika (Wyspy Galapagos). Chociaż pingwiny są symbolem Antarktydy, to spośród 18 współcześnie żyjących gatunków, jedynie dwa, pingwin cesarski i pingwin Adeli, rozmnażają się na kontynencie antarktycznym.

Środowiskiem życia pingwinów jest morze. Są one najlepiej przystosowaną do życia w wodzie grupą ptaków. Niektóre gatunki spędzają do 75% swojego życia poza lądem stałym (CROXALL 1984). Ciężar właściwy tych ptaków jest nieznacznie większy od ciężaru właściwego wody morskiej, co ułatwia zanurzanie się i pobyt pod wodą. Ciężkie, pozbawione komór powietrznych kości działają jak pas balastowy płetwonurka. Skrzydła są zredukowane i przekształcone w rodzaj wąskich, silnych płetw, pokrytych łuskowatymi piórami. Pingwiny potrafią machać skrzydłami z dużą częstotliwością i ich uderzenia są bardzo bolesne. Na lądzie często używają skrzydeł przy rozstrzyganiu sporów ze swymi towarzyszami oraz do obrony przed prześladowcami, wydrzykiem antarktycznym i mewą dominikańską. Do sterowania w wodzie słu-

ży krótki ogon, zbudowany z bardzo sztywnych piór, wraz z krótkimi i grubymi nogami, których trzy przednie palce spięte są błoną pławną. Na lądzie poruszają się w postawie wyprostowanej z prędkością około 2 km/h. Charakterystyczne upierzenie tułowia do złudzenia przypominające frak, czarne lub granatowe z wierzchu, spód biały, zapewnia im doskonały kamuflaż w wodzie, czyniąc je niemal niewidocznym dla drapieżników. Oglądane od spodu giną na jasnym tle górnych warstw morza, natomiast obserwowane od góry, zlewają się z tłem ciemnego podłoża lub toni wodnej.

Pingwiny są bardzo dobrymi pływakami, tym niemniej nie znajdziemy jednak wśród nich antarktycznych rekordzistów prędkości czy głębokości nurkowania. Podczas pływania pingwiny wyskakują co kilka metrów nad wodę, dla zaczerpnięcia oddechu. W poszukiwaniu pokarmu poruszają się z prędkością około 8 km/godz (CULIK i współaut. 1991). Większe gatunki pływają nieco szybciej, do 12 km/godz (CULIK i współaut. 1991). Zaatakowane przez drapieżników: orkę czy lampartę morskiego, rozwijają prędkość do 25 km/h (CULIK i współaut. 1991). Pingwiny w zasadzie nie nurkują głęboko. Pingwin cesarski (*Aptenodytes forsteri*) w pogoni za zdobyczą może co prawda zanurkować na głębokość 534 metrów i wstrzymać oddech na 18 min (CROXALL 1984), lecz jest to rekordowa głębokość. Zwykle pingwin ten nurkuje do głębokości 100–200 metrów. Pozostałe gatunki rzadko nurkują dłużej niż kilka minut i głębiej niż 20 metrów. Ich pokarm składa się z drobnych skorupiaków, głównie kryla (*Euphausia superba*) oraz ryb i kalmarów (ADAMS i współaut. 1993, CROXALL 1984). Zapas tlenu w

płucach pingwinów wystarcza na około 2.5 min nurkowania (SCHMIDT-NIELSEN 1997). Jednakże liczne adaptacje pozwalają na wydłużenie nurkowania do 5–6 minut lub nawet dłużej. Krew pingwinów ma podwyższoną pojemność tlenową w porównaniu do nie nurkujących zwierząt. Również ich mięśnie mają znacznie większą zawartość mioglobiny i pojemność tlenową niż ptaki lądowe, a związany przez nią tlen tworzy rezerwę o istotnym znaczeniu. Z powodu dużej zawartości tego barwnika mięso pingwinów jest bardzo ciemne. Efektywnym sposobem magazynowania tlenu towarzyszą zmiany w krążeniu i tempie metabolizmu podczas nurkowania. Jedną z najbardziej typowych reakcji fizjologicznych obserwowanych u nurkujących pingwinów jest gwałtowny spadek skurczów serca na początku zanurzenia, z 80–100 uderzeń/min do 20 uderzeń/min (SCHMIDT-NIELSEN 1997). Normalne ciśnienie krwi tętniczej jest utrzymane dzięki zwężeniu naczyń krwionośnych na obwodzie ciała. Krew jest dostarczana jedynie do najważniejszych narządów ciała: mózgu i serca, a mięśnie i narządy trzewiowe otrzymują jej bardzo mało lub wcale. Praca mięśni opiera się na przemianach beztlenowych, prowadzących do powstawania kwasu mlekowego. Kwas ten gromadzi się w mięśniach, ale jego stężenie we krwi pozostaje niskie, ponieważ podczas nurkowania krew nie dopływa do mięśni.

Przystosowanie pingwinów do niskich temperatur jest pozornie proste. Upierzenie pokrywa całe ciało gęstym płaszczem (brak apterydiów). Każde pióro zachodzi na swojego sąsiada, podobnie, jak dachówki na dachu. Pod każdym piórem znajduje się warstewka powietrza. W połączeniu z puchową podściółką kombinacja ta tworzy bardzo skuteczną ochronę przed mroźnym powietrzem, wodą i wiatrami. Gruba warstwa tłuszczu zapewnia dodatkową izolację pomiędzy skórą a znajdującymi się poniżej mięśniami. Namaszczanie piór olejową wydzielaną gruczołu kuprowego, zwiększa ich odporność na wodę. Pingwiny żyjące w najzimniejszych obszarach, pingwin Adeli i pingwin cesarski, cechuje kilka dodatkowych przystosowań, pozwalających ograniczyć utratę ciepła. Są to: wyjątkowo gęste upierzenie, stosunkowo dłuższe pióra oraz mniejsze skrzydła, głowa i nogi, w stosunku do wielkości ciała. Skrzydła i nogi pingwinów nie zawierają podskórnego tłuszczu i są słabo izolowane termicznie. Gdyby krew wracająca z tych wystających części ciała miała temperaturę otoczenia, to następowałoby bardzo szybkie ochłodzenie wnętrza organizmu. W skrzydle pingwina każda tętnica otoczona jest wiązką żył i gdy ciepła krew tętnicza płynie do skrzydła, jest stopniowo ochładzana zimną

krwią żylną (SCHMIDT-NIELSEN 1997). Dlatego krew tętnicza docierająca do skrzydła jest już silnie wychłodzona i w czasie nurkowania w zimnej wodzie traci tylko niewielką ilość ciepła. Ciepło z krwi tętniczej jest przekazywane do krwi żyłnej, która w ten sposób się ogrzewa, jeszcze przed powrotem do wnętrza tułowia. Bardzo podobny rodzaj przeciwprądowego wymiennika ciepła znajdziemy również w budowie górnych dróg oddechowych pingwinów, gdzie wydychane, ciepłe powietrze, efektywnie ogrzewa wdychane.

Pingwiny są ptakami bardzo towarzyskimi i zwykle rozmnażają się w dużych koloniach, co może wynikać z niewielkiej ilości miejsc nadających się do założenia gniazd w Antarktyce (JABŁOŃSKI 1984b). Niektóre kolonie mogą liczyć dziesiątki tysięcy osobników, a największa znana liczy około jednego miliona ptaków. Tworzą ją pingwiny antarktyczne (SCAR 1996). Większość gatunków zakłada kolonie w niedużej odległości od morza. Z reguły są to odcinki mierzone w setkach lub tysiącach metrów. Najdłuższe dystanse muszą pokonywać pingwiny cesarskie; często są to odległości dochodzące do 100 km.

Wszystkie gatunki, z wyjątkiem pingwina cesarskiego, przystępują do rozrodu podczas krótkiego antarktycznego lata (CROXALL 1984). Gniazdo zbudowane jest najczęściej z kamyczków, kostek i piór, pieczołowicie zbieranych w najbliższej okolicy lub podkradanych sąsiadom. Kilka gatunków (głównie z rodzaju *Spheniscus*) nie buduje gniazd, lecz kopie lub wykorzystuje już zbudowane nory. Większość składa dwa jaja, tylko największe gatunki, pingwin cesarski i pingwin królewski (*Aptenodytes patagonica*), składają jedno jajo (CROXALL 1984). Dla pingwina cesarskiego antarktyczne lato jest zbyt krótkie na wychowanie dużego pisklęcia. Ptaki te gromadzą się w kolonie już późną jesienią. W maju lub na początku czerwca, składają jedno jajo, które będzie wysiadywane przez dwa miesiące (KNOX 1994). Inkubacją zajmują się samce, przytrzymując jajo na stopach, przykryte fałdem skórny brzucha. Wysiadywane ptaki nie pobierają pokarmu. Zbierają się w ciasne, duże grupy, tak, że tylko osobniki stojące na zewnątrz są wystawione na mrozy i porywiste wiatry. Wewnątrz kolonii jest nieco cieplej. Co pewien czas ptaki wymieniają się miejscami i zmarznięte mogą „ogrzać się” wewnątrz kolonii. U pozostałych gatunków pingwinów obydwójce rodzice zajmują się na zmianę wysiadywaniem i wychowaniem młodych. Pisklę pozostaje pod opieką rodziców tak długo, aż pokryje się wodoodpornym płaszczem piór. U pingwina królewskiego może to zająć nawet 15 miesięcy, jed-

nak u większości gatunków trwa to nie dłużej niż 7 do 10 tygodni (CROXALL 1984). Na wpół wyrosnięte pisklęta z rodzajów *Aptenodytes*, *Eudyptes* oraz *Pygoscelis* są pozostawiane bez opieki podczas, gdy rodzice udają się na polo-

wanie. Pisklęta zbierają się w większe grupy, nad którymi opiekę sprawuje kilka dorosłych ptaków. Całość bardzo przypomina przedszkole: duża grupa młodych pod nieliczną opieką dorosłych, obcych, osobników.

BADANIA NAD PINGWINAMI Z ZATOKI ADMIRALICJI

Otwarcie w 1977 roku Polskiej Stacji Antarktycznej im. Henryka Arctowskiego umożliwiło opracowanie i realizację kompleksowego programu badań biologicznych i ekologicznych. Jednym z głównych jego celów jest poznanie prawidłowości funkcjonowania ekosystemu morskiej Antarktyki. Stacja położona jest nad Zatoką Admiralicji, na Wyspie Króla Jerzego, w Archipelagu Szetlandów Południowych ($62^{\circ} 10' S$, $58^{\circ} 30' W$, Ryc. 1).

Pingwiny pełnią znaczącą rolę w funkcjonowaniu ekosystemu Oceanu Południowego (TRIVELPIECE i współaut. 1990) Intensywne badania ekologiczne ptaków w rejonie Zatoki Admiralicji rozpoczął JABŁOŃSKI (1984a, b, 1986) w sezonie letnim 1978/79 i kontynuował je w ciągu roku 1980 oraz latem 1980/81. Badania nad występowaniem, liczebnością i biologią ptaków w tym rejonie prowadzone są obecnie przez Zakład Biologii Antarktyki PAN.

Głównym rejonem prac jest zachodni brzeg Zatoki Admiralicji. Od 1979 ma on status obszaru chronionego, tak zwanego SSSI (Site of Special Scientific Interest). Regularnie gniazduje tutaj 12 gatunków, w tym trzy gatunki pingwinów: Adeli (*Pygoscelis adeliae*), białobrewy (*Pygoscelis papua*) oraz antarktyczny (*Pygoscelis antarctica*) (PRESLER 1980, JABŁOŃSKI 1984a). Najliczniej reprezentowane są pingwiny Adeli, których liczebność osiąga poziom kilkunastu

tysięcy par (Ryc. 2). Pozostałe dwa gatunki są dużo mniej liczne (Tabela 1). Liczebna dominacja Adeli jest wynikiem zróżnicowanego rozmieszczenia kolonii lęgowych na Wyspie Króla Jerzego. Południowa jej część, do której należy



Ryc. 1. Lokalizacja polskiej stacji antarktycznej im. H. Arctowskiego w Antarktyce.

Zatoka Admiralicji, zasiedlona jest najliczniej przez pingwiny Adeli, a północna przez pingwiny antarktyczne (JABŁOŃSKI 1984b). Odmienne zasiedlenie wyspy spowodowane zostało różni-

Tabela 1. Liczba par rozrodznych pingwinów Adeli, białobrewych i antarktycznych zanotowana w latach 1977–1996 w sąsiedztwie polskiej stacji antarktycznej H. Arctowski.

Rok	Gatunek			Źródło danych
	Adeli	białobrewy	antarktyczny	
1977	18000	2600	1040	ROXALL, KIRKWOOD 1979
1980	16405	2133	4531	JABŁOŃSKI 1984b
1981	18046	2602	5256	TRIVELPIECE i współaut. 1987
1988	18838	2239	3353	SIERAKOWSKI 1991
1989	13965	2357	2907	MYRCHA 1993
1990	15609	2401	3026	Ciaputa i Sierakowski w przygot.
1991	17665	3385	brak danych	Zyska inf. ustna
1992	16259	2573	3334	Ciaputa i Sierakowski w przygot.
1994	15151	2287	2545	Ciaputa i Sierakowski w przygot.
1995	16788	1655	2579	Ciaputa i Sierakowski w przygot.
1996	15637	1611	2308	Ciaputa i Sierakowski w przygot.



Ryc. 2.

cami w charakterze linii brzegowej i odmienną preferencją miejsc lęgowych (JABŁOŃSKI 1984b). Pingwiny Adeli faworyzują łagodne zbocza wysoko podniesionych tarasów, oddalonych od morza kilkadziesiąt metrów. Pingwiny białobrewy zakładają kolonie rozrodcze na wałach burzowych i suchych morenach, w różnym oddaleniu od morza. Pingwiny antarktyczne wybierają skaliste podłoże lawowe na stromych stokach lub wysokich cyplach przy skraju linii brzegowej.

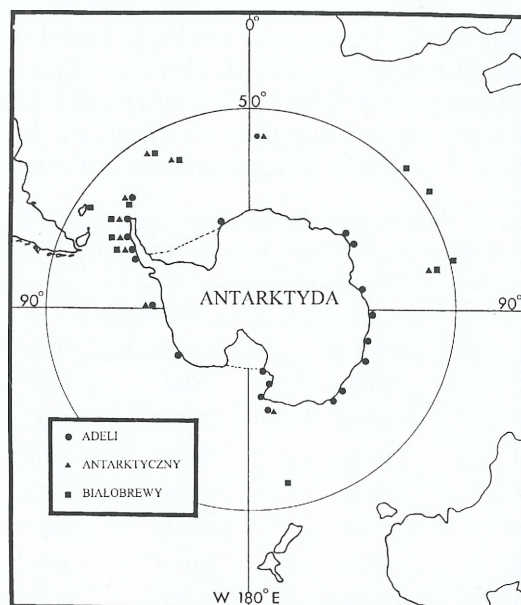
Sporadycznie, w różnych latach, obserwowano na zachodnim brzegu Zatoki Admiralicji (MYRCHA 1993) pojedyncze osobniki następujących gatunków pingwinów: pingwina cesarskiego (*Aptenodytes forsteri*), pingwina królewskiego (*Aptenodytes patagonica*), pingwina skałskoczka (*Eudyptes chrysocome*) oraz pingwina Magellana (*Spheniscus magellanicus*).

Pingwiny z rodzaju *Pygoscelis*: Adeli, białobrewy i antarktyczny, stanowią około 70% całkowitej biomasy antarktycznej awifauny (EVERSON 1977). Są to gatunki w dużej mierze allopatryczne (Ryc. 3): areał rozrodczy pingwinów Adeli rozmieszczony jest okołobiegunowo pomiędzy 60° i 77° szerokości geograficznej południowej, główne kolonie rozrodcze zlokalizowane są wzdłuż wybrzeży Antarktydy; typowym środowiskiem pingwinów białobrewych są cieplejsze, wolne od lodu i śniegu wyspy subantarktyczne, położone na północ od granicy paku lodowego; zasięg gniazdowania pingwinów antarktycznych koncentruje się głównie w rejonie Półwyspu Antarktycznego i na okolicznych wyspach.

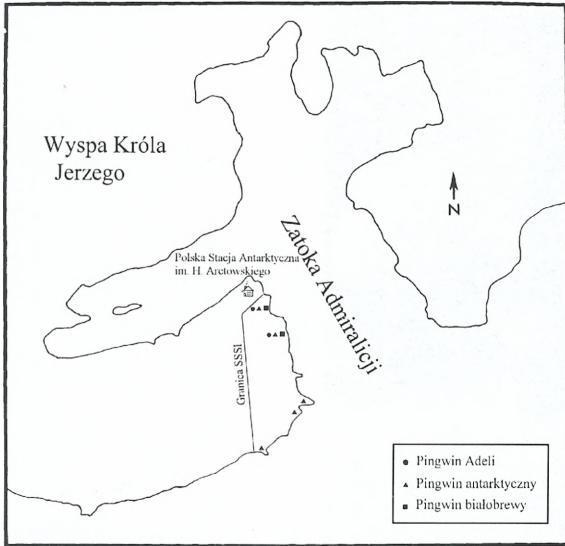
W sąsiedztwie Polskiej Stacji Antarktycznej zlokalizowane są dwie kolonie pingwinów Adeli

i dwie białobrewych, oraz pięć kolonii pingwinów antarktycznych (Ryc. 4).

Dzięki badaniom JABŁOŃSKIEGO (1986) wiemy, że biomasa pingwinów w rejonie Zatoki Admiralicji stanowi 98% biomasy wszystkich ptaków. Zjadają one aż 99,2% całkowitej masy pokarmu awifauny tego obszaru. Dzienna racja pokarmowa tych ptaków wynosi w środku lata antarktycznego około 52 tony pożywienia, składającego się w większości z kryla (RAKUSA-SUSZCZEWSKI 1980).



Ryc. 3. Rozmieszczenie kolonii rozrodczych pingwinów Adeli, białobrewych i antarktycznych (według TRIVELPIECE i współaut. 1987).



Ryc. 4. Rozmieszczenie kolonii rozrodczych pingwinów na zachodnim brzegu Zatoki Admiralicji.

PINGWIN ADELI

Jest to najliczniejszy gatunek na zachodnim brzegu Zatoki Admiralicji (Ryc. 5). Dane zebrane pomiędzy połową lat siedemdziesiątych a końcem lat dziewięćdziesiątych wskazują, że liczebność populacji rozrodczej pingwinów Adeli w rejonie stacji jest stabilna, aczkolwiek ulegająca dużym zmianom z roku na rok (Tabela 1). Oscyluje ona na poziomie 17,000 gniazd, z rocznymi wahaniami dochodzącymi do 20%. Najwyższe liczebności odnotowano w latach 1981, 1988 1991, 1994 i 1995. W latach 1989 i 1990 odnotowaliśmy drastyczny spadek liczebności populacji, i aż do chwili obecnej nie osiągnęła ona poprzedniego, wysokiego poziomu. Podobny schemat zmian obserwuje się w rejonie całego Półwyspu Antarktycznego (SCAR 1996). Wszystkie stacje badawcze rozmieszczone w rejonie półwyspu donoszą o stabilizacji lub spadku liczebności populacji rozrodczych pingwinów Adeli.

PINGWIN BIAŁOBREWY

Liczebność pingwinów białobrewych (Ryc. 6) w rejonie Zatoki Admiralicji jest dziesięciokrotnie niższa niż liczebność pingwinów Adeli. Podczas ostatniego liczenia w 1996 roku stwierdzono 1,611 par (Tabela 1). W porównaniu z początkowym okresem badań, kiedy odnotowano 2600 gniazd, oznacza to blisko 39% spadek liczebności. Liczba gniazd pingwinów białobrewych podlega bardzo dużym zmianom, do 40% z roku na rok. Wieloletnia seria danych pozwala nam stwierdzić, że w rejonie naszych badań



Ryc. 5. Pingwin Adeli (fot. P. Ciaputa).

liczebność populacji rozrodczej pingwinów białobrewych spada, z bardzo dużymi fluktuacjami z roku na rok. Wahania liczebności spowodowane są przede wszystkim warunkami atmosferycznymi panującymi w pierwszej połowie października, a więc w okresie przystępowania tego gatunku do lęgów. W 1985 roku duże sztormy zniszczyły wszystkie jaja w grupach lęgowych usytuowanych na wałach burzowych. W końcu lat osiemdziesiątych zaobserwowano opuszczanie tych miejsc lęgowych (MYRCHA 1993). Charakter obserwowanych przez nas zmian liczebności nie odbiega od podawanego przez SCAR (1996) dla całego rejonu Półwyspu Antarktycznego: bardzo duże fluktuacje liczebności.

PINGWIN ANTARKTYCZNY

Pierwsze pomiary przeprowadzone w końcu lat siedemdziesiątych wskazywały na wzrost liczebności tego gatunku (Tabela 1, Ryc. 7). Dane te wydawały się być zgodne z powszechnie obserwowanym wzrostem liczebności tego gatunku (CONROY 1975, CROXALL i KIRKWOOD 1979). W latach osiemdziesiątych i dziewięć-



Ryc. 6. Pingwin białobrewy (fot. P. Ciaputa).

dziesiątych obserwujemy stały spadek liczby gniazdujących par (Tabela 1). W sezonie 1996 rozmnażało się 2.3 razy mniej pingwinów antarktycznych w porównaniu z sezonem 1981, w którym gatunek ten był najliczniejszy. Analiza danych świadczy o dużych wahaniami w poszczególnych latach (TRIVELPIECE i współaut. 1990). Roczne zmiany liczebności rozradzających się par oscylowały w przedziale od -22.3 do $+16.7\%$, przy czym układały się odwrotnie do zmian liczby gniazdujących w tym samym rejonie pingwinów Adeli (MYRCHA 1993). Wydaje się, iż zmiany te są odzwierciedleniem bardziej ogólnych procesów obserwowanych w całym rejonie Półwyspu Antarktycznego (SCAR 1996).

W ciągu ostatnich kilkunastu lat trwa dyskusja nad czynnikami wpływającymi na liczebności różnych gatunków pingwinów. SLADEN (1964), CONROY (1975), CROXALL i PRINCE (1979), CROXALL i współaut. (1984) i LAWS (1985) sugerowali, iż intensywne polowania na wieloryby w XIX i XX wieku zachwiały równowagę ekosystemu Południowego Oceanu, powodując udostępnienie innym zwierzętom nadmiaru zasobów pokarmowych, głównie kryla. Powstała luka jest teraz przejmowana przez takie krylożerne gatunki jak foki krabojady, uchatki antarktyczne i południowe oraz niektóre gatunki pingwinów (LAWS 1985), których liczebność gwałtownie wzrosła w ostatnich dziesięcioleciach (PAYNE 1977, LAWS 1979, KOOYMAN 1981, WILKINSON i BESTER 1990).

Inną interpretację wzrostu liczebności pingwinów antarktycznych, przy jednoczesnym spadku liczebności populacji pingwinów Adeli, zaproponowali FRAZER i współaut. (1992). Swoje wnioski wyciągnęli oni na podstawie danych zebranych w dwóch rejonach: Wyspy Anvers na Półwyspie Antarktycznym oraz w Zatoce Admi-

ralicji. Uważają oni, iż ocieplanie się klimatu w rejonie Półwyspu Antarktycznego stwarza lepsze warunki do żerowania i zimowania dla pingwinów antarktycznych, które są ptakami otwartego morza, mniej uzależnionymi od krylowych żerowisk paku lodowego. Pingwiny Adeli dużo lepiej radzą sobie podczas mroźnych zim, obfitych w pak lodowy i tym samym w rozległe



Ryc. 7. Pingwin antarktyczny (fot. P. Ciaputa).

zerowiska. Zebrane przez nas dane nie potwierdzają w pełni tej hipotezy. Pierwsze pomiary przeprowadzone przez JABŁOŃSKIEGO (1984a, 1984b, 1986) w okresie do początku lat 80-tych wskazywały na wzrost liczebności populacji pingwina antarktycznego (Tabela 1). Odnotowano wówczas blisko pięciokrotny wzrost liczebności tego gatunku tak, że populacja rozrodcza osiągnęła poziom ponad 5000 par. Dane te wydawały się być zgodne z powszechnie obserwowaną tendencją (CONROY 1975, WOEHLE 1993). Jednak poczynając od drugiej połowy lat 80-tych obserwujemy w Zatoce Admiralicji stały spadek liczby gniazdujących par pingwinów antarktycznych (SIERAKOWSKI 1991, MYRCHA 1993, CIAPUTA i SIERAKOWSKI w przygotowaniu) pomimo utrzymującego się ocieplania klimatu w rejonie Półwyspu Antarktycznego i dużej częstotliwości występowania zim łagodnych, z małą ilością paku lodowego. W 1996 roku populację pingwinów antarktycznych oceniono na 2300 par (CIAPUTA i SIERAKOWSKI w przygotowaniu).

Jedną z nowszych hipotez zakłada, że obserwowany spadek liczebności pingwinów Adeli, jak i antarktycznych w rejonie Półwyspu Antarktycznego, spowodowany jest przez ocieplanie się klimatu. Schematyczny łańcuszek przyczynowo-skutkowy łączący ocieplanie się klimatu ze spadkiem liczebności tych gatunków pingwinów można przedstawić następująco: ocieplanie się klimatu → rzadkie zimy z dużą ilością paku lodowego → mniejsza i niestabilna biomasa fitoplanktonu → mniejsza biomasa kryła → spadek liczebności pingwinów. Dane zebrane w rejonie Zatoki Admiralicji wskazują na duże prawdopodobieństwo, że hipoteza ta jest prawdziwa.

Jedną z głównych sił fizycznych oddziałujących na ekosystem Oceanu Południowego, jest lód morski. Przechodzi on silne cykle sezonowe formowania się i zanikania: zajmując średnio 4 mln. km² powierzchni podczas letniego minimum w lutym, do 20 mln. km² zimowego maksimum we wrześniu (JACKA 1990, PARKINSON 1992). W 1973 roku rozpoczęto satelitarne obserwacje sytuacji lodowej w Antarktyce. W rejonie Półwyspu Antarktycznego zmienność zasięgu i czasu występowania paku lodowego jest wyjątkowo duża, większa niż w jakimkolwiek innym rejonie Antarktyki (STAMMERJOHN 1993). W przeciągu ostatnich 40–50 lat częstotliwość występowania pokrywy lodowej w tym rejonie znacząco się zmniejszyła. W początkowym okresie obserwacji zimowa granica paku lodowego sięgała na północ od Szetlandów Południowych średnio 3–4 razy w przeciągu 5 lat (FRAZER i współaut. 1992). Obecnie taki zasięg jest odnotowywany przeciętnie 2 razy podczas

6–8 lat (STAMMERJOHN 1993). Wskazuje to na znaczący wzrost temperatury (STARK 1994).

Spodnia powierzchnia lodu morskiego jest w miesiącach zimowych miejscem rozwoju bogatych zbiorowisk glonów sympagicznych (SMETACEK i współaut. 1990). Rozległe „łaki” okrzemek związanych z lodem morskim są bardzo ważnym źródłem zimowego pokarmu podstawowych roślinożerców łańcucha pokarmowego morskiej Antarktyki, głównie kryla (MARSHALL 1988, art. LIGOWSKIEGO w tym numerze KOSMOSU). Kluczową cechą tego źródła pokarmu jest jego ciągła dostępność w czasie. Ma to szczególne znaczenie dla przeżywalności form larwalnych kryla, które w przeciwieństwie do dorosłych osobników, nie są przystosowane do długotrwałych głodówek (QUÉLIN i ROSS 1991). Duża obfitość pokarmu uwalniana podczas wiosennych roztopów po zimach z dużą ilością lodu wpływa również na wydłużenie okresu rozrodu kryla oraz wzrost procentowego udziału populacji uczestniczącej w reprodukcji (TRIVELPIECE i TRIVELPIECE w druku). Jednak znaczący przyrost populacji kryla jest obserwowany dopiero po dwóch następujących po sobie zimach obfitych w pak lodowy. Pierwsza zapewnia zwiększenie płodności, druga dostarcza lodowego schronienia i pokarmu dla larw (TRIVELPIECE w druku). Każdy kolejny rok z rozległą pokrywą lodową mógłby być początkiem kolejnej, silnej kohorty zasilającej populację. Zależność pomiędzy rozciągłością przestrzenną i czasową lodu morskiego w rejonie Półwyspu Antarktycznego jest silnie skorelowana z temperaturą powietrza (KING 1994, STARK 1994). Ocieplanie się klimatu i związane z tym zmniejszanie się częstotliwości zim z rozległą pokrywą lodową jest udokumentowane od 1940 roku. Zmniejsza to rekrutację kryla zaledwie do jednej „super kohorty” takiej, która miała szczęście do dwóch następujących kolejno po sobie zim z dużą ilością paku lodowego. Kohorta ta zapewnia przetrwanie całej populacji przez pozostałe, cieplejsze lata 6–8 letniego cyklu. Silna korelacja pomiędzy morskim lodem oraz rekrutacją i płodnością kryla sugeruje, że mniejsza częstotliwość zim z rozległą powierzchnią lodu morskiego może prowadzić do obniżenia się biomasy kryla. Taką zależność zaobserwowano. W okresie pomiędzy końcem lat 70-tych i początkiem 80-tych biomasa kryla wynosiła średnio 200 osobników/1000m³, podczas gdy dekadę później średnia biomasa spadła o jeden rząd wielkości do 23 osobników/1000m³ (SIEGEL i LOEB 1995).

Wahania lub spadek biomasy kryla powinny mieć swoje odzwierciedlenie w zmianach liczebności gatunków, które się nim odżywiają. Roczne zmiany liczebności populacji pingwinów

Adeli w rejonie Półwyspu Antarktycznego są duże i wykazują dużą korelację z zasięgiem zimowego paku lodowego. Liczebność tej populacji wzrasta po mroźnych, obfitych w lód zimach, a zmniejsza się po tych z małą ilością paku lodowego. Podobną dynamikę liczebności populacji pingwinów Adeli obserwujemy w rejonie Polskiej Stacji Antarktycznej. Najwyższe liczebności odnotowano w latach 1981 i 1988; były to lata o rozległej pokrywie lodu morskiego na Morzu Weddella, gdzie, przypuszczalnie populacja naszych pingwinów Adeli spędza zimę. W latach 1989 i 1990 odnotowaliśmy drastyczny spadek liczebności; nawet po latach z rozległą pokrywą lodu morskiego (1991, 1994 i 1995) liczebność populacji nie osiągnęła już poprzedniego, wysokiego poziomu (Tabela 1).

Na osobne omówienie zasługują badania dotyczące bioenergetyki pingwinów z rodzaju *Pygoscelis*. Szczególnie dużo uwagi poświęcono okresowi gniazdowego rozwoju tych ptaków. W sezonie 1977/78 zebrano w rejonie Zatoki Admiralicji materiał, który pozwolił na wykreślenie krzywych wzrostu oraz poznanie zmian uwodnienia ciała i zawartości w nim popiołu oraz kaloryczności suchej masy i świeżej masy ciała podczas rozwoju gniazdowego pingwinów białobrewych i antarktycznych (MYRCHA i KAMIŃSKI 1980). U młodych pingwinów stwierdzono bardzo intensywny wzrost (od 0,8 do 2,2 kcal/g) wartości kalorycznej tkanek i równocześnie zmniejszanie się ich uwodnienia z 85% do poniżej 65%. W sumie, w okresie od pierwszego dnia życia do początku procesu pierzenia się, pisklęta pingwinów z rodzaju *Pygoscelis* wykorzystują na budowę swego ciała od około 8500 do 11000 kcal energii zawartej w pokarmie.

Bardzo interesujące są wyniki badań tempa metabolizmu piskląt pingwinów białobrewych i antarktycznych wykonane przez TAYLORA (1985) w szerokim zakresie temperatur otoczenia: od -30°C do $+35^{\circ}\text{C}$. Umożliwiło to wyznaczenie stref termoneutralnych i wykreślenie krzywych termoregulacji dla obu gatunków w okresie od wyklucia do zakończenia pierzenia się młodych ptaków. Okazało się, że świeżo wyklute pisklęta są całkowicie zmiennocieplne. Jest to spowodowane słabą zdolnością do wytwarzania ciepła w warunkach niskiej temperatury, a wysoka temperatura ciała i poziom metabolizmu są utrzymywane dzięki ciepłu przekazywanemu przez rodziców podczas wysiadywania. Pisklęta osiągają zdolności termoregulacyjne dopiero około 15 dnia życia. Tempo metabolizmu najmłodszych piskląt jest wprost proporcjonalne do temperatury otoczenia. Dla piskląt stałocieplnych charakterystyczna jest sze-

roka strefa termoneutralna: od -10°C do blisko $+20^{\circ}\text{C}$.

Pomiary wykazały, że istnieją bardzo wyraźne różnice w możliwościach produkcji ciepła obu badanych gatunków. Już jednodniowe pisklęta pingwina antarktycznego mogą produkować znacznie więcej ciepła i utrzymywać wyższą temperaturę ciała niż pingwina białobrewego. Różnice te odpowiadają różnicom w zasięgu geograficznym tych ptaków. Powyższe dane uzupełnione zostały badaniami właściwości izolacyjnych puchu i piór ptaków w różnym wieku i przy różnej szybkości wiatru (od 0 do 15 m/s) oraz współczynników absorpcji promieniowania słonecznego przez pisklęta (TAYLOR 1985). Umożliwia to porównanie adaptacji pingwinów białobrewych i antarktycznych dotyczących możliwości produkcji i zachowania ciepła.

Na podstawie omówionych wyżej badań wyliczono, że w czasie całego rozwoju, od wyklucia do wejścia do wody, pingwiny antarktyczne zużywają na respirację około 14800 kcal, a białobrewe 19600 kcal.

Niezwykle pomocne przy wyliczaniu bilansu energetycznego pingwinów okazały się mikroklimatyczne badania przeprowadzone przez MOCZYDŁOWSKIEGO (1986) na terenach lęgowych pingwinów Adeli, białobrewych i antarktycznych. Autor stwierdził, że obecność pingwinów w kolonii w znaczny sposób modyfikuje panujące tam warunki mikroklimatyczne. Wyróżniającymi czynnikami są temperatura gruntu i prędkość wiatru. Temperatura powietrza na terenach gniazdowania jest w okresie lęgowym tylko nieznacznie wyższa w stosunku do obszarów sąsiadujących i nie ma praktycznie znaczenia w łagodzeniu klimatu. Natomiast prędkość wiatru na obszarach zajmowanych przez grupy lęgowe pingwinów jest znacząco mniejsza niż w sąsiedztwie, dzięki czemu miejsca te charakteryzują się małym ochładzaniem.

W ostatnich latach narasta obawa, że turystyka i inne formy ludzkiej działalności mogą mieć negatywny wpływ na populacje pingwinów. Antarktyda jest określana mianem „kontynentu dla nauki”. Tym niemniej liczba turystów corocznie pojawiających się w Antarktyce znacznie przekracza liczbę naukowców. Polska Stacja Antarktyczna była celem wycieczek turystycznych już od momentu powstania w 1977 roku i jest obecnie jednym z najczęściej wizytowanych miejsc w Antarktyce. Około 20 procent wszystkich turystów odwiedzających Antarktykę gości na Stacji im. H. Arctowskiego. (CIAPUTA i SALWICKA 1997). W sezonie 1992/93 (grudzień-luty) zanotowano 32 wizyty statków, któ-

re przywiozły około 3 tys. turystów. W 1995 roku rozpoczęto finansowane przez KBN i British Council, wspólne Polsko-Brytyjskie badania, nad wpływem turystów na ekosystemy lądowe i przybrzeżne Zatoki Admiralicji; badania te pozwolą na wypracowanie metod regulujących ruch turystyczny w okolicy stacji.

dowe i przybrzeżne Zatoki Admiralicji; badania te pozwolą na wypracowanie metod regulujących ruch turystyczny w okolicy stacji.

PENGUINS OF ADMIRALTY BAY (KING GEORG ISLAND, ANTARCTICA)

Summary

The main features of penguin biology, ecology and distribution, as well as physiological and anatomical adaptations for diving and harsh climate, have been described. The special attention was paid to genus *Pygoscelis*. On this background the past and current studies in Admiralty Bay on *Pygoscelis* penguins has been represented. Penguins seem to be a very good key indicator species for assessing changes in Antarctic marine ecosystem. A conceptual model

linking climate changes, variability in sea ice cover to recent decline in krill and Adelie penguin populations has been discussed. On the other hand, there is an increasing concern that tourism and other human-related activities may negatively impact penguin populations. Although, penguin data from Admiralty Bay were insufficient to prove that hypothesis.

LITERATURA

- ADAMS N. J., MOLONEY C., NAVARRO R., 1993. *Estimated food consumption by penguins at Prince Edward Islands*. Antarctic Science 5, 245-252.
- CIAPUTA P., SALWICKA K., 1997. *Tourism at Antarctic Arctowski Station 1991-1997: policies for better management*. Pol. Polar Res. 18, 227-239.
- CONROY W. H., 1975. *Recent increases in penguin populations in Antarctica and the Subantarctic*. [W:] *The Biology of penguins*. STONEHOUSE B. (red.), Macmillan, London, 321-336.
- CROXALL J. P., 1984. *Seabirds*. [W:] *Antarctic ecology*. LAWS R. M. (red.), London, Academic Press, 533-619.
- CROXALL J. P., KIRKWOOD E. D., 1979. *The distribution of penguins on the Antarctic Peninsula and island of the Scotia Sea*. Brt. Antarct. Surv. 1-186.
- CROXALL J. P., PRINCE P. A., 1979. *Antarctic seabirds and seal monitoring studies*. Polar Res. 19, 573-595.
- CROXALL J. P., PRINCE P. A., HUNTER I., MCINNES S. J., COPES- TAKE P. G., 1984. *The seabirds of the Antarctic Peninsula, island of the Scotia Sea and Antarctic Continent between 80°W and 20°W: their status and conservation*. [W:] *Status and conservation of the worlds Seabird*. CROXALL J. P., EVANS P. G. H., SCHREIBER R. W. (red.), ICBP, Cambridge, 635-664.
- CULIK B. M., WILSON R. P., DANNFELD R., ADELUNG D., SPAIRANI H. J., COCO CORIA N. R. 1991. *Pygoscelid penguins in a swim canal*. Polar Biol. 11, 277-282.
- EVERSON I., 1977. *The Southern Ocean: the living resource of the Southern Ocean FAO Rep., GLO/SO/77/1*. Southern Ocean Fisheries Survey Programme, Rome.
- FRAZER W. R., TRIVELPIECE W. Z., AINLEY D. G., TRIVELPIECE S. G., 1992. *Increases in Antarctic penguin populations: reduced competition with whales or a loss of sea ice due to environmental warming?* Polar Biol. 11, 525-531.
- HARRISON P., 1985. *Seabirds, an identification guide*. Boston.
- JABŁOŃSKI B., 1984a. *Distribution, number and breeding preferences of penguins in the region of the Admiralty Bay (King George Island, South Shetland Islands) in the season 1979/80*. Pol. Polar Res. 5, 5-16.
- JABŁOŃSKI B., 1984b. *Distribution and numbers of penguins in the region of King George Island, South Shetland Island in the breeding season 1980/81*. Pol. Polar Res. 5, 17-30.
- JABŁOŃSKI B., 1986. *Distribution, abundance and biomass of summer community of birds in the region of the Admiralty Bay (King George Island, South Shetland Islands, Antarctica) in 1979/80*. Pol. Polar Res. 3, 217-260;
- JACKA T. H., 1990 *Antarctic and Southern Ocean sea-ice and climate trends*. Ann. Glaciol. 14, 127-130.
- KING J. C., 1994. *Recent climate variability in the vicinity of the Antarctic peninsula*. Int. J. Climatol. 14, 357-369.
- KNOX G. A. 1994. *The biology of the Southern Ocean*. Cambridge, UK. 1-444.
- KOOYMAN G. L., 1981. *Crabeater seal — Lobodon carcinophagus (Hombron and Jacquinet, 1842)*. [W:] *Handbook of Marine Mammals*. RIDGWAY S. H., HARRISON R. J. (red.), Academic Press, London and New York, 2, 221-235.
- LAWS R. M., 1979. *Monitoring whale and seal populations*. [W:] *Monitoring the Marine Environment*. NICHOLS D. (red.), Symposia of the Institute of Biology, 24, 115-140;
- LAWS R. M., 1985. *The Ecology of the Southern Ocean*. Am. Sci. 73, 26-40.
- MARSCHALL H. P., 1988. *The overwintering strategy of Antarctic krill under the pack ice of the Weddell Sea*. Polar Biol. 9, 129-135.
- MOCZYDŁOWSKI E., 1986. *Microclimate of the nest-sites of pygoscelid penguins (Admiralty Bay, South Shetland Islands)*. Pol. Polar Res. 4, 377-394.
- MYRCHA A., 1993. *Birds*. [W:] *The maritime Antarctic coastal ecosystem of Admiralty Bay*. RAKUSA-SUSZCZEWSKI S. (red.), Department of Antarctic Biology Polish Academy of Sciences, Warsaw, 129-141.
- MYRCHA A., KAMIŃSKI P., 1980. *Changes in body calorific values during nesting development of penguin of the genus Pygoscelis*. Pol. Polar Res. 3, 81-88.
- PARKINSON C. L., 1992. *Interannual variability of monthly southern Ocean sea ice distribution*. J. Geophys. Res. 97, 5349-5363.
- PAYNE M. R., 1977. *Growth of a fur seal population*. Phil. Trans. Roy. Soc. London B279, 67-73.
- PRESLER P., 1980. *Phenological and physiological observations carried out during the first wintering at the Arctowski Station in 1977*. Pol. Arch. Hydrobiol. 27, 245-252.
- QUETIN L. B., ROSS R. M., 1991. *Behavioral and physiological characteristic of the Antarctic krill, Euphausia superba*. Am. Zool. 31, 49-63.
- RAKUSA-SUSZCZEWSKI S., 1980. *Environmental conditions and the functioning of the Admiralty Bay (South Shetland Islands) as part of the near shore Antarctic ecosystem*. Pol. Polar Res. 1, 11-27.
- SCAR, 1996. *The status and trends of Antarctic and sub-Antarctic seabirds*. [W:] *Report of the Fifteenth Meeting of the Scientific Committee of CCAMLR*. WOEHLE E. J., CROXALL J. P., (red.), Hobart, CCAMLR, 1-10.
- SCHMIDT-NIELSEN K., 1997. *Fizjologia zwierząt (adaptacja do środowiska)*. PWN, Warszawa, 1-729.

- SIEGEL V., LOEB V., 1995. *Recruitment of Antarctic krill (Euphausia superba) and possible causes for its variability*. Mar. Ecol. Prog. Ser. 123, 45.
- SIERAKOWSKI K., 1991. *Birds and mammals in the region of SSSI No. 8 in the season 1988/89 (South Shetlands, King George Island, Admiralty Bay)*. Pol. Polar Res. 12, 25–54.
- SLADEN W. J. L., 1964. *The distribution of the Adélie and Chinstrap Penguins*. [W:] *Biologie Antarctique*. CARRICK R., HOLDGATE M. W., PREVOST L. S. (red.), Hermann, Paris, 359–365.
- SMETACEK V., SCHAREK R., NOTHIG E. M., 1990. *Seasonal and regional variation in the pelagial and its relationship to the life history cycle of krill*. [W:] *Antarctic Ecosystems, Ecological Change and Conservation*. KERRY K. R., HEMPEL G. (red.), Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 103–114.
- STAMMERJOHN S. E., 1993. *Spatial and temporal variability in Southern Ocean ice coverage*. M.A. Thesis, University of California, Santa Barbara (niepubl.).
- STARK P., 1994. *Climatic warming in the central Antarctic Peninsula area*. Weather 49, 215–220.
- TAYLOR J., R., 1985. *Ontogeny of thermoregulation and energy metabolism in pygoscelid penguin chicks*. J. Comp. Physiol. B 155, 615–627.
- TRIVELPIECE W. Z., TRIVELPIECE S. G., (w druku). *Changes in Adélie penguins recruitment: correlations to krill biomass estimates and implications for fisheries management in the Southern Ocean*. Polar Biol.
- TRIVELPIECE W. Z., TRIVELPIECE S. G., GEUPEL G. R., KJELMYR J., VOLKMAN N. J., 1990. *Adélie and Chinstrap Penguins: their potential as monitors of the Southern Ocean Marine Ecosystem*. [W:] *Antarctic Ecosystems, Ecological Change and Conservation*. KERRY K. R., HEMPEL G. (red.), Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 191–202.
- TRIVELPIECE W. Z., TRIVELPIECE S. G., VOLKMAN N. J., 1987. *Ecological segregation of Adélie, Gentoo and Chinstrap Penguins at King George Island, Antarctica*. Ecology 68(2), 351–361.
- WILKINSON I. S., BESTER M. N., 1990. *Continued population increase in fur seals, Arctocephalus tropicalis and A. gazella, at the Prince Edward Islands*. S. Afr. T. Nav. Antarkt., 20, 58–63.
- WOEHLER E. J., 1993. *The distribution and abundance of Antarctic and Subantarctic penguins*. SCAR, Cambridge.