

STANISŁAW RAKUSA-SUSZCZEWSKI

Zakład Biologii Antarktyki PAN

Ustrzycka 10/12, 02-141 Warszawa

e-mail: s.rakusa-suszczeowski@dab.waw.pl

ZMIANY W ANTARKTYCZNYM EKOSYSTEMIE NA PRZYKŁADZIE ZATOKI ADMIRALICJI

Dotychczasowe przekonanie o prostocie ekosystemu Antarktyki ulega zmianie. Produkcja pierwotna glonów strefy pelagicznej okazuje się mniejsza niż sądzono, natomiast biomasa użytkowników, głównie widłonogów (Copepoda), sprzągli (Salpae) i kryła (Euphausiidae), duża. Ogromną rolę odgrywają bakterie, pierwotniaki i okrzemki występujące w lodzie morskim. Cały obszar Antarktyki daje się podzielić na trzy podrejon: otwartego oceanu w strefie Dryfu Wiatrów Zachodnich — z dominacją widłonogów, strefy sezonowego paku lodowego w obszarze Dryfu Wiatrów Wschodnich, gdzie dominuje krył oraz strefy trwałej pokrywy lodowej przy kontynencie, gdzie zooplankton jest biedny, a drapieżcy nieliczni (HEMPEL 1990). Krył

zimną odżywia się pod lodem i jest to wyjątkowa cecha, która w efekcie ewolucji i adaptacji gwarantuje podtrzymanie ogromnej biomasy tego gatunku przy relatywnie małej w tym obszarze produkcji pierwotnej (SMETACEK i współaut. 1990).

Archipelag Południowych Szetlandów leży w strefie koncentracji kryła, co powoduje istnienie tu bogatego łańcucha zależności troficznych charakterystycznego dla ekosystemu Antarktyki i obejmującego również ptactwo i płetwonogie rozmnażające się na lądzie. Prowadzone w tym rejonie przez Polaków badania oceanobiologiczne oraz prace w Zatoce Admiralicji pozwoliły na wszechstronne rozpoznanie funkcjonowania i zmienności tego unikatowego ekosystemu.

KRYŁ

Krył (*Euphausia superba* Dana) — fitofag (MACIEJEWSKI 1996) stanowi główny pokarm dla ryb, głowonogów, ptaków i ssaków, co powoduje, że krążenie materii i przepływ energii w Antarktyce opiera się na konsumpcji tego skorupiaka (patrz art. K. OPALIŃSKIEGO w tym numerze KOSMOSU).

W południowej części Cieśniny Drake i w Cieśninie Bransfielda występuje 5 gatunków Euphausiacea (RAKUSA-SUSZCZEWSKI 1981, KITTEL i STEPNIK 1983, RAKUSA-SUSZCZEWSKI i GODLEWSKA 1984, KITTEL i współaut. 1985) i wszystkie one spotykane są w Zatoce Admiralicji (RAKUSA-SUSZCZEWSKI i STEPNIK 1980). Najliczniejsza jest *Euphausia superba* Dana i *Euphausia crystallorophias* Holt et Tattersall. *Thysanessa macrura* G.O. Sars jest stałym składnikiem, lecz występuje w niewielkich ilościach (KITTEL 1980, RAKUSA-SUSZCZEWSKI i STEPNIK 1980, JACKOWSKA 1980). *Euphausia frigida*

HANSEN stwierdzono między marcem a lipcem, a *E. triacantha* Holt et Tattersall — pojedyncze osobniki — jedynie późną jesienią (STEPNIK 1982). *E. superba* i *T. macrura* łowiono głównie w centralnej części zatoki, w okolicy przylądka Thomas Point, gdzie zawirowania i lokalny up-

Tabela 1. Oszacowana konsumpcja kryła (*E. superba*) przez główne grupy konsumentów w ekosystemie Antarktyki według MILLERA i HAMPTONA (1989).

Konsument	Konsumpcja w milionach ton
wieloryby	34-43
płetwonogie	30-63
ptaki	15-20
głowonogi	30-100
ryby	0-10
Razem	152-313

welling sprzyjają powstawaniu skupień (RAKUSA-SUSZCZEWSKI 1980a, b). *E. crystallophias* najliczniej występowała w fiordzie Ezcurra (JACKOWSKA 1980, KITTEL i PRESLER 1980, RAKUSA-SUSZCZEWSKI i STĘPNIK 1980). Ten nerytyczny gatunek występujący zwykle bliżej kontynentu niż *E. superba*, znajduje w fiordzie Ezcurra odpowiadające mu środowisko. Oba dominujące gatunki Euphausiacea mogą tworzyć w Zatoce Admiralicji okresowo lokalne populacje o odmiennej strukturze i wymiarach niż poza Zatoką Admiralicji (RAKUSA-SUSZCZEWSKI i STĘPNIK 1980).

E. superba, *E. crystallophias* i *T. macrura* różnią się względem siebie cyklem życiowym. Jak wykazał STĘPNIK (1982), *E. crystallophias* i *T. macrura* składa w Zatoce Admiralicji wcześniej jaja niż *E. superba*. Okresy rozrodu i wzrost mogą ulegać przesunięciom w czasie z roku na rok. Potwierdzają to obserwacje z sezonu letniego 1978/79 (RAKUSA-SUSZCZEWSKI i STĘPNIK 1980) i 1979/80 (JACKOWSKA 1980). W tym samym okresie lata więcej samic nosiło jaja w 1976, niż w 1977 roku. Populacja *E. superba* w Zatoce Admiralicji była większa i starsza, a samice z jajami pojawiły się wcześniej w 1980 niż w 1979 roku (JACKOWSKA 1980). Wieloletnich, monitoringowych obserwacji jest niewiele i dotyczą one głównie kryla (MACKINTOSH 1972, RAKUSA-SUSZCZEWSKI 1988, FEDOULOV i współaut. 1996).

Biomasa i liczebność *E. superba* i *E. crystallophias* w Zatoce Admiralicji zmienia się sezonowo (STĘPNIK 1982) i jest najmniejsza od marca do sierpnia. Potwierdzają to informacje LATOGURSKIJ i współaut. (1990) z rejonu wyspy Elephant i Cieśniny Bransfielda. Sezonowe zmiany biomasy kryla są około sześciokrotnie większe, co jest efektem indywidualnego wzrostu masy ciała kryla w okresie antarktycznego lata — z jednej strony (GODLEWSKA i RAKUSA-SUSZCZEWSKI 1988) i śmiertelności zimą — z drugiej strony (RAKUSA-SUSZCZEWSKI 1990).

Obecność kryla w Zatoce Admiralicji zależy od napływu i jego obecności w Cieśninie Bransfielda. Wieloletnie obserwacje wymiarów i struktury populacji *E. superba* w Zatoce Admiralicji, opracowane na podstawie programu ELEFAN (McCLATCHIE i współaut. 1990) wykazały, że z roku na rok wymiary populacji mogą być nieco inne, przy zachowaniu charakterystycznych zmian długości w cyklu rocznym. Śmiertelność w okresie zimowym jest przyczyną zmniejszania się wymiarów populacji kryla. Ilość pokarmu nie jest czynnikiem limitującym wzrost kryla w Zatoce Admiralicji, ponieważ zimą, z wyjątkiem bardzo krótkiego okresu, ilość pokarmu jest

dostateczna dla jego wyżywienia. Konkurentem pokarmowym kryla są salpy (LOEB i współaut. 1997), szczególnie że, jak wykazują nowsze obserwacje (1998), głębokość występowania obu gatunków jest podobna lub taka sama (Loeb — informacja ustna).

Jak wykazały pomiary hydroakustyczne biomasa kryla w Cieśninie Bransfielda z roku na rok może różnić się nawet o trzy rzędy wielkości (KALINOWSKI 1984, KALINOWSKI i współaut. 1985, GODLEWSKA i RAKUSA-SUSZCZEWSKI 1988). Jest to następstwem synoptycznych warunków w rejonie Cieśniny Drake, Bransfielda i Zatoki Admiralicji. W sezonach letnich — 1976/77, 1978/79, 1980/81, 1986/87 i 1988/89 — kryla było dużo, zaś w latach 1983/84 i 1984/85 mało lub bardzo mało, w 1990 w ogóle go nie było (RAKUSA-SUSZCZEWSKI 1988, GODLEWSKA i RAKUSA-SUSZCZEWSKI 1988, Donachie — informacja ustna). Zachodnie wiatry napędzają kryla w ten rejon, podczas, gdy północne blokują jego dopływ (RAKUSA-SUSZCZEWSKI 1988). MACKINTOSH (1972) i RAKUSA-SUSZCZEWSKI (1988) zwrócili uwagę na związek pomiędzy temperaturą (latami zimnymi i ciepłymi), a wielkością biomasy kryla, zwrócili również uwagę na fakt, że zmiany biomasy kryla nigdy nie są z roku na rok ekstremalne (niskie lub wysokie), lecz trwają one dłużej niż rok. Zmianom synoptycznej sytuacji w rejonie Południowych Szetlandów i napływowi wód do Cieśniny Bransfielda z zachodu towarzyszy zmienność wieloletnia biomasy kryla (RAKUSA-SUSZCZEWSKI 1988). Potwierdzają to wyniki połowów w rejonie Morza Scotia (FEDOULOV i współaut. 1996) oraz Szetlandów Południowych (LOEB i współaut. 1997). Prowadzone w tym rejonie przemysłowe połowy kryla w obserwowanych zmianach nie odgrywają jak dotąd istotnej roli, chociaż niewątpliwie interferują z naturalną zmiennością biomasy kryla.

Zdaniem ICHII i współaut. (1994) w rejonie Południowych Szetlandów konsumpcja kryla przez pingwiny w czasie 10 dni lata waha się pomiędzy 3000–10 000 ton przy wyspie King George, 9746 ton przy wyspach Nelson i Robert, 6102 ton przy wyspie Low i 5663 ton przy Clarence. Połowy przemysłowe kryla na północ od wyspy Livingston i Elephant wynosiły w tym samym czasie 1991 ton, co stanowi niewielką konkurencję z konsumpcją kryla przez pingwiny. Zdaniem AGNEWA i MARINA (1994) przy zasobach około 2 milionów ton kryla w rejonie Południowych Szetlandów aktualnie prowadzone połowy przemysłowe wynoszące 100 000 ton, nie są zagrożeniem dla jego naturalnych konsumentów.

RYBY

W Zachodniej Antarktyce występuje 168 gatunków z 33 rodzin (GON i HEEMSTRA 1990, art. J. KULESZ w tym numerze KOSMOSU). Ichtiofauna szelfu Południowych Szetlandów jest bardzo bogata. W Zatokach Południowych Szetlandów, takich jak Potter Cove, Maxwell oraz Zatoce Admiralicji, występuje znacznie mniej gatunków niż na szelfie tego archipelagu.

W Zatoce Admiralicji otwartej na Cieśninę Bransfieldda, SKÓRA i NEYELOV (1992), SKÓRA (1993, 1995), oraz KULESZ (1994), stwierdzili występowanie 41 gatunków z 10 rodzin. Napływający do Zatoki Admiralicji ichtioplankton obejmuje około 20 spośród wszystkich stwierdzonych tu gatunków (SKÓRA 1993). W składzie gatunkowym ryb najliczniej występują formy demersalne przydenne. Nototheniidae reprezentowane są przez 15 gatunków i Channichthyidae przez 8 gatunków.

Najczęściej poławianymi gatunkami ryb w płytkiej strefie wód Zatoki Admiralicji są: *Notothenia coriiceps*, *N. rossii*, *Gobionotothen gibberifrons*, *Lepidonotothen nudifrons* i *Trematomus newnesi* (ZADRÓŻNY 1996). Większość z ryb jest kryłozerna, szczególnie w okresie młodocianym.

Ichtiofauna strefy przybrzeżnej, jak wykazały nasze badania, zmienia się w skali lat bardzo wyraźnie. W 1977 roku dominowała *N. rossii* nad *N. coriiceps*. W 1979 roku liczebność obu była zbliżona, zaś jesienią 1988 dominowała *N. coriiceps* nad *N. rossii*. W Zatoce Admiralicji jesienią i wiosną 1990 roku *N. rossii* w ogóle nie występowała, zastąpiła ją *N. coriiceps* (Sapota — informacja osobista, ZADRÓŻNY 1996), podo-

bnie jak w latach 1994/95 i 1996 (ZADRÓŻNY 1996). Obserwacje z sąsiadującego od zachodu z Zatoką Admiralicji rejonu Potter Cove (BARREIRA-ORO i MARSCHOFF 1990) wykazały dominację *N. rossii* w roku 1983 i 1984 nad *N. coriiceps*. Autorzy (ibid.) przypuszczają, że było to skutkiem intensywnych połowów *N. rossii* w latach 1978–1980.

Do roku 1978 głównym obiektem połowów w Antarktyce były ryby z rodziny Nototheniidae (*Notothenia rossii*, *Notothenia gibberifrons*, *N. squamifrons*) oraz ryby białokrwiste z rodziny: Channichthyidae (*Champscephalis gunnari*, *Chaenocephalus aceratus*, *Pseudochaenichthys georgianus* i *Chaenodraco wilsoni*), z których trzy (*Ch. gunnari*, *N. rossii* i *Ch. wilsoni*) na Południowych Szetlandach i przy Półwyspie Antarktycznym, łowiono przemysłowo (SOSIŃSKI 1994).

Jedną z bardziej drastycznych wieloletnich zmian populacji ryb na łowiskach Południowej Georgii dotyczy *Champscephalus gunnari* Lonn. Biomasa *Ch. gunnari* spadła od 1977 do 1992 roku 10-krotnie, zmniejszył się wiek łowionych ryb oraz ich wymiary (SOSIŃSKI i PACIORKOWSKI 1993).

Efekty przemysłowych połowów ryb początkowo w latach 60-tych prowadzone na szelfie Południowej Georgii, a w latach 70- i 80-tych również na szelfie pozostałych archipelagów Łuku Scotia, spowodowały widoczne zmiany w biomasy i liczebności gatunków interferujące z ich naturalną zmiennością w ekosystemie Antarktyki.

PTAKI

Na zachodnim brzegu Zatoki Admiralicji gniazduje 12 gatunków ptaków. Najliczniejsze są kolonie trzech gatunków pingwinów rodzaju *Pygoscelis*: *P. adeliae*, *P. antarctica*, i *P. papua* (JABŁOŃSKI 1984, TROVELPIECE i współaut. 1990, MYRCHA 1993, art. P. CIAPUTY w tym numerze KOSMOSU). Odgrywają one istotną rolę zarówno w transporcie materii między morzem i lądem, jak i użyznianiu ekosystemu lądowego ponieważ gniazdują w dużych koloniach.

W rejonie Point Thomas (Rakusa Point) liczebność pingwinów Adeli wzrosła z 10 400 par w roku 1965/1966 do 18 000 w 1977/1978 (CROXALL i KIRKWOOD 1979). W sezonie 1979/1980 wynosiła 33 000 par (potwierdzone

przez B. JABŁOŃSKIEGO w 1998), zaś w 1989/1990 zmniejszyła się do 14 000 par (MYRCHA 1993). Średnia liczebność z dziewięciu sezonów wynosiła 19 308 par, przy odchyleniu standardowym S.D. = 5460 (co stanowi 28% średniej liczebności) i zmniejszyła się w stosunku do końca lat 70-tych i początku 80-tych.

Zdaniem SHUFORD i SPEAR (1988) liczebność *P. antarctica* na Południowych Szetlandach i King George wzrosła o około 1,5–2,5 raza w stosunku do lat 50/60-tych. Przyczyna tego mogą być zmiany warunków lodowych i zmniejszenie się pokrywy lodowej. W sezonie 1978/1979 liczebność *P. antarctica* zmniejszyła się (MYRCHA 1993) z ponad 7000 do 2500 par w

sezonie 1994/1995/1996, przy średniej z ośmiu sezonów wynoszącej 4426 i odchyleniu standardowym S.D. = 1603, co stanowi 37%.

Interesującym jest, że na początku wieku nie notowano obecności pingwinów antarktycznych w tym rejonie. 24 grudnia 1909 roku Pan Gain — członek ekspedycji „Pourquoi Pas”, na zachodnim brzegu Zatoki Admiralicji stwierdził (jeśli to nie błąd w ówczesnym oznaczeniu gatunku) obecność 20 000 — pingwinów białobrewych (*P. papua*) (CHARCOT 1978). W roku 1979/1980 na zachodnim brzegu Zatoki Admiralicji występowało 3703 par tego gatunku (JABŁOŃSKI 1984) i obserwuje się dalsze zmniejszenie ilości *P. papua* do 2133 par w roku 1987 (WOEHLER 1993) i 2357 par w roku 1989/1990 (MYRCHA 1993).

Spośród trzech obecnie występujących i rozradzających się w tym rejonie gatunków pingwinów, liczebność *P. papua* jest najmniejsza i od 1977/1978 w ciągu ośmiu sezonów zmniejszyła się z około 3700 do 1655 par przy średniej liczebności w tym okresie wynoszącej 2523 i S.D. = 562 (22%).

PLETWONOGIE

W rejonie Zatoki Admiralicji, na Południowych Szetlandach, występuje obecnie 5 gatunków pletwonogich (patrz art. K. SALWICKIEJ w tym numerze KOSMOSU). Są to: *Mirounga leonina*, *Leptonychotes weddelli*, *Lobodon carcinophagus*, *Hydrurga leptonyx* i *Arctocephalus gazella*, sporadycznie pojawia się *Ommatophoca rossi* (cf. RAKUSA-SUSZCZEWSKI 1993a, b). W Antarktyce eksploatowano przemysłowo jedynie uchatki i słonie morskie. Na Południowych Szetlandach eksploatacja uchatki rozpoczęła się w latach 30-tych XIX wieku i zakończyła się z jego końcem, po ich całkowitej eksterminacji.

W Zatoce Admiralicji obserwacje liczebności Pinnipedia w latach 1988-1995 (SIERAKOWSKI 1991, RAKUSA-SUSZCZEWSKI i SIERAKOWSKI 1993, RAKUSA-SUSZCZEWSKI 1995, CIAPUTA 1996) wykazały, że najbardziej stałym gatunkiem pletwonogich jest słoń morski. Maksymalna obserwowana liczebność *M. leonina* wynosiła ponad 750 osobników — średniorocznie 206.

Najbardziej zmieniającą się pod względem liczebności w Zatoce Admiralicji jest populacja krabojadów, które pojawiają się w latach o średnich niskich temperaturach powietrza i zimach, w których do Zatoki Admiralicji napływa pak lodowy. Liczebność krabojadów osiąga ponad 1500 osobników (RAKUSA-SUSZCZEWSKI i SIERAKOWSKI 1993) — średniorocznie 52.

Wieloletnie obserwacje na zachodnim brzegu Zatoki Admiralicji w (obszar SSSI No. 8) wskazują niesynchronizację zmian liczebności gatunków. Zmienia się liczebność rozmieszczenia pingwinów w poszczególnych koloniach i miejsca ich gniazdowania, nie tylko w małej skali, lecz również pomiędzy Zatoką Admiralicji i sąsiednimi zatokami i wyspami (Myrcha — informacja ustna, SIERAKOWSKI 1991).

W Zatoce Admiralicji występują duże wahania całkowitej liczby pingwinów wynoszące w okresie 1977/1978 do 1995/1996 28%, przy ogólnej tendencji wyraźnego zmniejszania się w tym okresie dwóch (*P. adeliae* i *P. papua*) z występujących tu trzech gatunków. Według najnowszych obserwacji w Antarktyce liczba pingwinów Adeli wzrasta, z wyjątkiem miejsc odwiedzanych przez turystów. Liczba pingwinów antarktycznych spada, natomiast pingwinów białobrewych waha się znacznie, bez wyraźnych zmian liczebności, co potwierdzają obserwacje w Zatoce Admiralicji (WOEHLER i CROXALL 1996).

Uchatki, których liczebność z roku na rok może się różnić wielokrotnie, osiągają w Zatoce Admiralicji nawet ponad 1700 osobników (RAKUSA-SUSZCZEWSKI i SIERAKOWSKI 1993) — średniorocznie 145 osobników. Populacja uchatki na Południowych Szetlandach wzrasta (BENGTSON i współaut. 1990), lecz ich liczebność w rejonie Zatoki Admiralicji nie wykazuje tego trendu. W Zatoce Admiralicji gatunek ten nie rozmnaża się i jest imigrantem z innych obszarów. Interesującym jest, że proces imigracji w rejon zatoki przebiega w dwóch okresach, odpowiadających dwóm szczytom liczebności tego gatunku — jesienią i zimą.

Liczebność lampartów morskich w Zatoce Admiralicji waha się, jak obserwowano, średniorocznie od paru do 77 sztuk. Gatunek ten nie rozmnaża się w tym rejonie.

Tabela 2. Roczna konsumpcja przez pletwonogie i pingwiny w Zatoce Admiralicji kryla, głowonogów i ryb (według RAKUSA-SUSZCZEWSKIEGO 1997).

Konsument	Konsumpcja		
	kryl	głowonogi	ryby
pletwonogie	277,9	900,1	393,4
pingwiny	3775,1		254,5
Razem konsumpcja	5601,2		

Foki Weddella są najmniej liczne. Maksymalnie obserwowano 49 dorosłych osobników. Warto odnotować, że największa ilość młodych pojawiała się wtedy, kiedy nie było ich najwięcej w tym rejonie.

Pomimo dużej zmienności liczebności i biomasy gatunków płetwonogich, w rejonie Zatoki Admiralicji, nie stwierdzono wieloletnich zmian w liczebności zmieniających się w jednym określonym kierunku.

ZWIĄZKI TROFICZNE

W strefie eufotycznej Zatoki Admiralicji, stanowiącej największą zatokę Południowych Sztetlandów (powierzchnia około 122 km², objętość około 24 km³), biomasa fitoplanktonu stanowi około 6270 ton, zaś produkcja 2311 ton. Stosunek produkcji pierwotnej do biomasy (P : B) wynosi 0,36. Mokłą masę zooplanktonu oszacowano na 231 ton, z czego kryl stanowi 50%, a ponieważ u tego skorupiaka prawdopodobnie P : B = 1, więc jego biomasa w Zatoce Admiralicji wynosi 115 ton. Biomasa ryb oszacowano na 50 ton. Biomasa trzech gatunków pingwinów *P. adeliae*, *P. antarctica* i *P. papua* obliczono na 361 ton, zaś występujących tu ptaków latających na 4,7 ton. Konsumpcja pingwinów latem wynosi ponad 30 ton dziennie. Wynika z tego, że biomasa kryla i ryb w zatoce jest niewystarczająca dla ich wyżywienia (RAKUSA-SUSZCZEWSKI 1980a). Zarówno ptaki jak i ssaki muszą korzystać z zasobów pokarmu poza Zatoką Admiralicji, w promieniu kilkudziesięciu kilometrów od miejsc lęgowych i legowisk.

W diecie pingwinów Adeli kryl stanowi 95,4%, w diecie pingwina antarktycznego — 83,6% i pingwina białobrewego — 75%, reszta zaś głównie ryby (TRIEVELPIECE i współaut. 1990). Płetwonogie korzystają z kryla, głowonogów i ryb jako pokarmu w różnych proporcjach. Słoń morski odżywia się głowonogami w 75% i rybami w 25%. Uchatki żerują na krylu, głowonogach i rybach w równych proporcjach. Foki krabojady w 94% i lamparty morskie w 40% odżywiają się krylem, zaś w pokarmie fok Weddella przeważają ryby (stanowiące 81,5% pokarmu) nad głowonogami (18,5%) (LAWS 1985). Drapieżny ptak — skuła (*Catharacta antarctica maccormicki*), poluje głównie na pingwiny, lecz

jej sympatyczny gatunek *C. antarctica lonnbergi*, odżywia się rybami z rodzaju *Pleuragramma*, a także rybami z rodziny *Myctophidae* (SALWIČKA 1995). Przyjmując średnie liczebności płetwonogich i pingwinów występujących obecnie w Zatoce Admiralicji, ilość pokarmu zjadanego przez obie te grupy konsumentów łącznie wynosi 5601,21 ton (RAKUSA-SUSZCZEWSKI 1997).

Jeśli przyjmiemy za International Whaling Statistic (1930, 1931), że w sezonach letnich od 1909–1910 do 1926–1927 w ciągu 18 lat zabito w rejonie Południowych Sztetlandów 23 690 sztuk wala błękitnego, 30 705 finwali i 8879 humbaków, to — uwzględniając ich rację pokarmową (BIOMASS 1977, EVERSON 1977) i odpowiednie proporcje rodzaju pokarmu — przybyło w tym rejonie niezjedzonych przez wieloryby 15 712 318 ton kryla, 162 166 ton głowonogów i 324 422 ton ryb. W ciągu niewielkiego przedziału czasu zmiany zasobów pokarmowych, ale i konsumentów w ekosystemie tego rejonu, były niezwykle drastyczne.

W okresie letnim w 1981 roku w Cieśninie Bransfielda i w Cieśninie Drake biomasa kryla, obliczona po weryfikacji danych hydroakustycznych uzyskanych podczas badań programu FIBEX-BIOMASS, wynosiła dla obu tych rejonów odpowiednio: 4,3 milionów ton i 0,2 milionów ton (TRATHAN i współaut. 1992), zaś konsumpcję kryla przez pingwiny na całych Południowych Sztetlandach oszacowano na 0,4 milionów ton (ICHII i współaut. 1994). Porównanie przedstawionych cyfr, będących następstwem eksterminacji wielorybów, zwiększenia się zasobów i konsumpcji uwidacznia zmiany, jakich dokonał człowiek na skalę niespotykaną w ekosystemach globalnych.

ZMIANY I ZMIENNOŚĆ

Od okresu późnej Kredy i w erze Kenozoicznej temperatura powierzchni morza w Antarktyce ulegała zmianom trzykrotnie. 55 milionów lat temu miała ponad 19°C, 35 milionów lat temu i 12 milionów lat temu około 5°C, by w ostatnich 5 milionach lat wahać się między 6 a 2°C (AWI Report 1992/1993). Zmiany rzędu pięciu stopni na pięć milionów lat (0,01°C na 10 000 lat) są niewielkie i, niewątpliwie, umo-

żliwiały adaptacje na poziomie gatunku i funkcjonowania ekosystemu Antarktyki.

W latach 70- i 80-tych obecnego stulecia temperatury powietrza na kontynencie Antarktydy były względnie stabilne, rosnąc o około 1°C względem lat 60-tych. W ostatnim dziesięcioleciu, na Antarktydzie zaobserwowano największe roczne zmiany temperatury. Średnia

roku 1991 była około 1°C powyżej, zaś w roku 1993 ponad 0,6°C poniżej średniej.

Zmiany w różnych skalach czasu zachodziły i zachodzą obecnie. W rejonie Półwyspu Antarktycznego i Szetlandów Południowych, z roku na rok, mamy do czynienia z dużą zmiennością temperatur powietrza, przy wieloletniej tendencji do wzrostu. Przyczynę dużych wahań rocznych temperatur upatruje się w oscylacji położenia w strefie równikowej gorących — zachodnich i zimnych — wschodnich wód Pacyfiku w skali czasu od kilku miesięcy do kilku lat (El Niño Southern Oscillation) (WMO 1995).

Średnie temperatury powietrza mierzone na stacji H. Arctowskiego wzrosły od końca lat 40-tych o około 2°C. Zmiany te wydają się mieć cykliczność pięcioletnią (RODRIGUEZ i współaut. 1996). W rejonie Zatoki Admiralicji zmiany temperatury powietrza były odwrotne niż na kontynencie. Na przykład, rok 1991 był zimny, zaś 1993 rok ciepły, co potwierdza słabą korelację zmian w rejonie Półwyspu Antarktycznego i Południowych Szetlandów z resztą kontynentu Antarktydy (ACKLEY i współaut. 1996). Pomiedzy temperaturą powietrza i warunkami lodowymi istnieje ujemna korelacja (ACKLEY i współaut. 1996) i raczej cyrkulacja atmosferyczna, a nie temperatury powietrza decydują o warunkach lodowych.

Temperatury powietrza w ciągu roku znajdują odbicie w zmianach temperatury wody w Zatoce Admiralicji (RAKUSA-SUSZCZEWSKI 1996). Można więc uznać, że wraz ze stałym wzrostem temperatury powietrza wzrasta temperatura wody w tym obszarze, lecz są to różnice bardzo niewielkie. Pokrywa lodowa na morzu ma wpływ na natlenienie wód i produkcję pierwotną w strefie podlodowej. Zdaniem EL-SAYEDA (1988) międzyroczna produkcja pierwotna Południowego Oceanu i wahanía biomasy fitoplanktonu w Cieśninie Bransfielda są małe i niewyraźne, a w Morzu Rossa różnice pomiędzy niektórymi latami były nawet około 2-krotne. Lód warunkuje odżywianie się zimą kryla (RAKUSA-SUSZ-

CZEWSKI 1988), fenologię pingwinów, fok i uchattek.

Ponieważ temperatura zamarzania wody jest zależna od zasolenia, wzrost temperatury wody, nawet niewielki jej wzrost może oznaczać, że zmienia się zalodzenie. Zamarzanie i topnienie lodu, czyli zmiana fazy wody morskiej z płynnej na stałą i odwrotnie, ma dla wielu organizmów i dla funkcjonowania ekosystemu polarnego znaczenie decydujące.

Zasadniczych zmian w ekosystemie Antarktyki dokonał człowiek; w początkowej fazie przez nieograniczoną eksploatację, obecnie zaś, przez świadome nierespektowanie międzynarodowych norm prawnych i konwencji o ochronie żywych zasobów Antarktyki oraz innych światowych umów. W Antarktyce spowodowało to szereg następstw, poczynając od eliminacji uchattek i wielorybów, a następnie poważnej redukcji populacji ryb, w kolejnym etapie rozpoczęto eksploatację kryla stanowiącego najniższy poziom łańcucha troficznego i kluczowy organizm ekosystemu Antarktyki. Doszły do tego również ujawniające się coraz ostrzej zmiany w geosystemie, będące następstwem globalnych zmian wywołanych działalnością człowieka, jak wzrost CO₂ i metanu odpowiedzialnego za efekt cieplarniany.

Zmiany w ekosystemie morskim Antarktyki są następstwem zmian jakich dokonał człowiek na najwyższym poziomie łańcucha troficznego. Skutkiem tego powstały zmiany na niższych poziomach troficznych, które jak się przypuszcza, w skali dziesiątków lat tego stulecia zmieniły dotychczasowe związki troficzne, skład i biomasa konsumentów.

Reasumując, można stwierdzić, że na naturalną zmienność wieloletnią geosystemu Antarktyki w skali mezo, nakładają się gwałtowne zmiany pochodzenia antropogenicznego, co powoduje szybkie przeniesienie zmienności na inny poziom ilościowy i ujawnianie się nowych trendów.

CHANGES IN ANTARCTIC ECOSYSTEM OF ADMIRALTY BAY

Summary

Seasonality of biological processes, namely trophic relations and species phenology in the maritime Antarctic, are under the influence of physical processes involving great energy flows. These processes are the main factors generating variability in the functioning of the geosystem, and in energy flow and matter cycling in a time scale of months and years. The biological processes like life cycle and feeding processes of marine birds and mammals reproducing

on sea-shores influence the transport of organic matter from sea to land. Physical processes like air and water flow redistribute ammonia or nutrients and fertilize coastal geosystem. Anthropogenic influences on marine and land ecosystem are connected with previous and recent exploitation of living resources. The functioning of polar geosystems is correlated with the functioning of ecosystems on a global scale.

LITERATURA

- ACKLEY S., BENTLEY C., FOLDVIK A., CLARKE A., KING J., PRIDDLE J., GOODWIN I., 1996. *A summery of global change in the Antarctic. Antarctic Global Change Research. Newsletter of the SCAR Global Change Programme.* 2, 3-15.
- AGNEW D. J., MARIN V. H., 1994. *Preliminary model of krill fishery behaviour in Subarea 48.* 1 CCAMLR Science 1, 71-81.
- AWI Report 1992/1993. Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research 1-188, 69.
- BARRERA-ORO E., MARSCHOFF E., 1990. *Declining trend in the abundance of Notothenia rossii marmorata and Notothenia gibberifrons observed in fiords on two sites in the South Shetland Islands.* Selected scientific Papers, SCAMLR-SSP/7, 263-274 Washington D.C. 20315, 1-959.
- BENGTSON J. L., FERM L. M., HARKONEN T. J., STEWART B. S., 1990. *Abundance of Antarctic Fur Seals in the South Shetland Islands, Antarctica, during the 1986/87 austral summer.* [W:] *Antarctic ecosystems, ecological change and conservation.* KERRY K. R., HEMPEL G. (red.), Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 253-270.
- BIOMASS 1977. *Biological investigations of MARINE Antarctic systems and stocks.* t. 1, Research Proposals Ed. by SCAR/SCOR, 1-79.
- CHARCOT J., 1978. *The voyage of the Pourquoi Pas.* The journal of the Second French South Polar Expedition 1908-1910 Charcot J.B. Reprint Hurst & Co. str. 315.
- CIAPUTA P., 1996. *Numbers of pinnipeds during 1994 in Admiralty Bay, KING George Island, South Shetland Islands.* Pol. Polar Res. 17, 239-244.
- CROXALL J. P., KIRKWOOD E. D., 1979. *The distribution of penguins on the Antarctic Peninsula and Islands of the Scotia Sea.* Cambridge: Pub. by BAS Natural Environment Research Council, str. 186.
- EL-SAYED S., 1988. *Seasonal and interannual variabilities in Antarctic phytoplankton with reference to krill distribution.* [W:] *Antarctic Ocean and resources variability.* D. SAHRHAGEKK (red.). Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, 101-119.
- EVERSON I., 1977. *The Southern Ocean, the living resources of the Southern Ocean.* FAO UNDP, Rome 1977. str. 156.
- FEDOULOV P. P., MURPHY E., SHULGOVSKY K. E., 1996. *Environment - krill relations in the South Georgia MARINE ecosystem.* CCAMLR Science, 3, 13-30.
- GODLEWSKA M., RAKUSA-SUSZCZEWSKI S., 1988. *Variability of krill, Euphausia superba Dana 1852 (Crustacea, Euphausiacea), distribution and biomass in the Western Antarctic (Bransfield Strait, Drake Passage, Elephant Island) during 1976-1987.* Inv. pesq., 52, 575-586.
- GON O., HEEMSTRA P. C., 1990. *Fishes of the Southern Ocean.* J. L. B. Smith Institute of Ichthyology, Grahamstown, str. 462, 12 pls.
- HEMPEL G., 1990. *Antarctic ecosystems: change and conservation. Review of the fifth symposium on Antarctic biology.* [W:] *Antarctic ecosystem ecological change and conservation.* KERRY K. R., HEMPEL G. (red.), Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, 407-414.
- ICHI T., NAGANOBU M., OGISHIMA T., 1994. *An assessment of the impact of the krill fishery on penguins in the South Shetlands.* CCAMLR Science, 1, 107-128.
- INTERNATIONAL WHALING STATISTICS. 1930. (red.) by The Committee for whaling statistics. Oslo, str. 24.
- INTERNATIONAL WHALING STATISTICS. 1931. (red.) by The Committee for whaling statistics. Oslo, str. 68.
- JABŁOŃSKI B., 1984. *Distribution and numbers of penguins in the region o King George Island (South Shetland Islands) in the breeding season 1980/81.* Pol. Polar Res. 5, 17-30.
- JACKOWSKA H., 1980. *Krill monitoring in Admiralty Bay (King George Island, South Shetland Islands) in summer 1979/80.* Pol. Polar Res. 1, 117-125.
- KALINOWSKI J., 1984. *The biomass o krill in the eastern part o Bransfield Strait, March 1981.* Pol. Polar. Res. 5, 99-105.
- KALINOWSKI J., GODLEWSKA M., KLUSEK Z., 1985. *Distribution and stock o krill in the Bransfield Strait and the Drake Passage during December 1983-January 1984.* BIOMASS-SIBEX. Pol. Polar Res., 6, 151-158.
- KITTEL W., 1980. *Populational studies on Euphausia superba Dana, 1852 (Euphausia, Crustacea) in waters o the Admiralty Bay during Antarctic summer o 1978.* Pol. Arch. Hydrobiol. 27, 267-272.
- KITTEL W., PRESLER P., 1980. *Morphology o the postlarval developmental stages o Euphausia crystallorophias Holt et Tattersall 1960 (Euphausia, Crustacea).* Pol. Arch. Hydrobiol. 27, 259-265.
- KITTEL W., STEPNIK R., 1983. *Distribution of Euphausia crystallorophias, E. frigida, E. triacanta and Thysanoessa macrura (Crustacea, Euphausiacea) in the southern Drake Passage and Bransfield Strait in February and March 1981.* Pol. Polar Res. 4, 7-19.
- KITTEL W., WITEK Z., CZYKIETA H., 1985. *Distribution of Euphausia frigida, Euphausia crystallorophias, Euphausia triacanta and Thysanoessa macrura in the southern part of Drake Passage and in the Bransfield Strait during the 1983-1984 austral summer (BIOMASS-SIBEX).* Pol. Polar Res. 6, 133-149.
- KULESZ J., 1994. *Seasonal biology of Notothenia gibberifrons, N. rossi and Trematomus newnesi, as well as respiration of young fish from Admiralty Bay (King George, South Shetlands Islands).* Pol. Arch. Hydrobiol. 41, 79-102.
- LATOGURSKIJ W. I., MAKAROV R. R., FIEDOTOV A. S., 1990. *Raspredielenie i biologija Euphausia superba w rajonie Antarktieskovo Pouostrowa i priliegajuscich wod.* [W:] *Antarktieskij kryl w ekosistemach promyslowych rajonow (biologiceskije, technoliceskije i ekonomiceskije aspekty.* Kaliningrad 1990 (AtlantNIRO), 20-40.
- LAWS R. M., 1985. *The ecology of the Southern Ocean.* Am. Sci. 73, 26-40.
- LOEB V., SIEGEL V., HOLM-HANSEN O., HEWITT R., FRASER W., TROVELPIECE W., TROVELPIECE S., 1997. *Effects of sea-ice extent and krill or salp dominance on the Antarctic food web.* Nature 387, 897-900.
- MACIEJEWSKA K., 1996. *Odżywianie się kryła antarktycznego Euphausiasuperba Dana.* Oficyna Wyd. Instytutu Ekologii PAN, str. 109.
- MACKINTOSH N.A., 1972. *Life cycle of Antarctic krill in relation to ice and water conditions.* Discovery Rep. 36, 1-94.
- MCCLATCHIE S., RAKUSA-SUSZCZEWSKI S., FILCEK K., 1990. *Seasonal growth and mortality of Euphausia superba in Admiralty Bay, South Shetland Islands, Antarctic.* ICES J. Mar. Sci. 48, 335-342.
- MILLER D.G.M., HAMPTON I., 1989. *Biology and ecology of the Antarctic krill (Euphausia superba Dana): a review.* BIOMASS Scientific Series, 9.
- MYRCHA A., 1993. *Birds.* [W:] *The maritime Antarctic coastal ecosystem of Admiralty Bay.* Department of Antarctic Biology. Polish Academy of Sciences, Warsaw, 129-141.
- RAKUSA-SUSZCZEWSKI S., 1980a. *Environmental conditions and the functioning of Admiralty Bay (South Shetland Islands) as part of the near shore Antarctic ecosystem.* Pol. Polar Res. 1, 11-27.
- RAKUSA-SUSZCZEWSKI S., 1980b. *The role of near-shore research in gaining an understanding of the functioning of*

- Antarctic eco-system. Pol. Arch. Hydrobiol. 27, 229-233.
- RAKUSA-SUSZCZEWSKI S., 1981. *Polish Antarctic Expedition 1975/76. Biological investigations of Marine Antarctic systems and stocks (BIOMASS)*. t. II. Selected contributions to the Woods Hole Conference on living resources of the Southern Ocean. 1976. Published by SCAR and SCOR, Scott. Polar Research Institute, Cambridge, England, 151-155.
- RAKUSA-SUSZCZEWSKI S., 1988. *Differences in the hydrology, biomass, and species distribution of plankton, fishes, and birds in the Bransfield Strait and Drake Passage during FIBEX 1981 and SIBEX 1983/84 in Antarctic Ocean and resources variability*. SAHRHAGEK D. (red.). Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, 214-218.
- RAKUSA-SUSZCZEWSKI S., 1990. *Seasonal changes in respiration and biomass of Euphausia superba Dana from Admiralty Bay (South Shetland Islands, Antarctica)*. Pol. Arch. Hydrobiol. 37, 305-311.
- RAKUSA-SUSZCZEWSKI S. 1993a. *Pinnipedia*. [W:] *The maritime Antarctic coastal ecosystem of Admiralty Bay*. RAKUSA-SUSZCZEWSKI S. (red.), Department of Antarctic Biology, Polish Academy of Sciences, Warsaw, 143-151.
- RAKUSA-SUSZCZEWSKI S. 1993b. *Matter transport and budgets in the Admiralty Bay area*. [W:] *The maritime Antarctic coastal ecosystem of Admiralty Bay*. RAKUSA-SUSZCZEWSKI S. (red.), Department of Antarctic Biology, Polish Academy of Sciences, Warsaw, 199-212.
- RAKUSA-SUSZCZEWSKI S., 1995. *Flow of matter in the Admiralty Bay area, King George Island, Maritime Antarctica*. Proceedings of the NIPR Symposium on Polar Biology 8, 101-113.
- RAKUSA-SUSZCZEWSKI S., 1996. *Spatial and seasonal variability of temperature and salinity in Bransfield Strait and Admiralty Bay, Antarctica*. Pol. Polar Res. 17, 29-42.
- RAKUSA-SUSZCZEWSKI S., 1997. *Relationship within the coastal and terrestrial geoecosystem of Admiralty Bay, King George Island, South Shetland Islands, Maritime Antarctica*. Oceanological Studies 1, 119-125.
- RAKUSA-SUSZCZEWSKI S., GODLEWSKA M., 1984. *Energy flow through krill aggregations in Drake Passage and Bransfield Strait*. Journal of Crustacean Biology, 4 (Spec. No. 1), 198-205.
- RAKUSA-SUSZCZEWSKI S., SIERAKOWSKI K., 1993. *Pinnipeds in Admiralty Bay King George Island, South Shetlands (1988-1992)*. Pol. Polar Res. 14, 441-454.
- RAKUSA-SUSZCZEWSKI S., STEPNIK R., 1980. *Three species of krill from Admiralty Bay (King George, South Shetlands) in summer 1978/79*. Pol. Arch. Hydrobiol. 27, 273-284.
- RODRIGUEZ R., LLASAT C.M., RAKUSA-SUSZCZEWSKI S., 1996. *Analysis of the mean and extreme temperature series of the Arctowski Antarctic base*. Problemy Klimatologii Polarnej 6, 191-212.
- SALWICKA K., 1995. *Konsumpcja przez pletwonogie i pingwiny w Zatoce Admiralicji (Wyspa Króla Jerzego, Południowe Sztetlandy) model koncepcyjny*. XXII Sympozjum Polarne Wrocław, 123-128.
- SHUFORD W. D., SPEAR L. B., 1988. *Survey of breeding chinstrap penguins in the South Shetland Islands, Antarctica*. Br. Antarct. Surv. Bull. 81, 19-30.
- SIERAKOWSKI K., 1991. *Birds and mammals in SSSI No. 8 in the season 1988/1989 (South Shetland Islands, King George Island, Admiralty Bay)*. Pol. Polar Res. 12, 25-54.
- SKÓRA K., 1993. *Fish*. [W:] *The maritime Antarctic coastal ecosystem of Admiralty Bay*. S. RAKUSA-SUSZCZEWSKI (red.), Department of Antarctic Biology, Polish Academy of Sciences, Warsaw, 121-128.
- SKÓRA K., 1995. *Acanthodraco dewitti Gen. et. sp. n. (Pisces, Bathydraconidae) from Admiralty Bay (King George Island, South Shetland Islands, Antarctica)*. Arch. Fish. Mar. Res. 42, 283-289.
- SKÓRA K., NEYELOV V., 1992. *Fish of Admiralty Bay (King George Island, South Shetland Islands, Antarctica)*. Polar Biol. 12, 469-476.
- SMETACEK V, SCHAREK R., NOTHING E. M., 1990. *Seasonal and Regional variation in the pelagic and its relationship to the life history cycle of krill*. [W:] *Antarctic ecosystem ecological change and conservation*. KERRY K. R., HEMPEL G. (red.), Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, 103-114.
- SOSIŃSKI J., 1994. *Rybacka eksploatacja żywych zasobów Antarktyki*. Wiadomości Rybackie, 5, 42, 9-10.
- SOSIŃSKI J., PACIORKOWSKI A., 1993. *State of mackerel icefish (Champsocephalus gunnari Lonnberg, 1905) stock from South Georgia area based on Polish biological investigations in 1975-1992*. Pol. Polar. Res. 14, 407-431.
- STEPNIK R., 1982. *All-year populational studies of Euphausiacea (Crustacea) in the Admiralty Bay (King George Island, South Shetland Islands, Antarctic)*. Pol. Polar Res. 3, 49-68.
- TRATHAN P. N., AGNEW D. J., MILLER D. G. M., WATKINS J. L., EVERSON I., THORLEY M. R., MURPHY E., MURRAY A. W. A., GOSS C., 1992. *Krill biomass in Area 48 and Area 58: recalculations of FIBEX Data*. S.C.-Camlr SSP/9, 157-181.
- TROVELPIECE W. Z., TROVELPIECE S. G., GEUPEL G. R., KJELMYR J., VOLKMAN N. J., 1990. *Adelie and Chinstrap penguins: their potential as monitorings 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.
- WMO 1995. *The global climate system review June 1991-November 1993*. WMO 819, 1-150.
- WOEHLER J. E., 1993. *The distribution and abundance of Antarctic and Subantarctic penguins*. Pub. SCAR Scott Polar Research Institute, str. 74.
- WOEHLER J. E., CROXALL J. P., 1996. *The status and trends of Antarctic and Subantarctic seabirds*. S.C.-CAMLXV/BG/29, 20 October 1996, Original: English, Agenda Item, 3.
- ZADRÓŻNY T., 1996. *Fishes of Admiralty Bay caught in 1994 and 1995 (King George Island, South Shetland Islands, Antarctica)*. Pol. Arch. Hydrobiol. 43, 347-354.