

ZMIENNOŚĆ GEOEKOSYSTEMU SZETLANDÓW POŁUDNIOWYCH

Stanisław Rakusa-Suszczewski, Anna Kidawa

Zakład Biologii Antarktyki PAN, Warszawa

Funkcjonowanie geoeekosystemów polarnych, jak to zaczynamy coraz lepiej rozumieć, uzależnione jest sprzężeniem zwrotnym z ekosystemami w globalnej skali przestrzennej (Ackley *i in.* 1996), co w przypadku Antarktyki ma szczególne znaczenie.

Ekosystemy polarne są, jak się wydaje, stabilne i elastyczne, lecz niestałe, gdyż wykazują bardziej lub mniej wyraźne różnice, gdy porównuje się tę samą porę roku w ciągu wielu lat (Remmert 1980).

Zmienność geoeekosystemu dotyczy zarówno procesów fizycznych, chemicznych, jak i biologicznych.

Cechą szczególną geoeekosystemów polarnych jest duża zmienność w skali czasu mezo- i makro-, która może wyrażać się:

- zmianami nieregularnie występującymi z roku na rok,
- zmianami cyklicznymi wieloletnimi,
- zmianami z roku na rok postępującymi w określonym kierunku,
- zmianami wywołanymi bezpośrednią ingerencją człowieka.

W Morskiej Antarktyce sezonowości procesów biologicznych, w szczególności zależności troficzne i fenologia gatunków, są pod wpływem oddziaływania procesów fizycznych o ogromnych energiach. Ma to decydujące znaczenie w zmienności (niestałości - *sensu Remmert 1980*) funkcjonowania geoeekosystemu, zmienności procesów krążenia materii i przepływu energii w skali miesięcy i lat.

Przykładów takiej zmienności dostarczają wyniki naszych wielodyscyplinarnych badań w rejonie Zatoki Admiralicji.

Średnie temperatury powietrza mierzone na czterech stacjach rejonu Szetlandów Południowych (Arctowski, Bellingshausen, Eduardo Frei i Arturo Prat) wzrosły od końca lat 40-tych do chwili obecnej (Martianov, Rakusa-Suszczewski 1990, Rodriguez *i in.* 1996) średnio o 1.4 deg (od -3.6°C do -2.2°C). Maksymalna średnia roczna temperatura powietrza na stacji Arctowskiego zanotowana w roku 1981 wynosiła -1.2°C , co w porównaniu z temperaturami lat 40-tych oznacza wzrost o 2.4 deg. Podobne obserwacje przeprowadzono w rejonie stacji Faraday położonej na Półwyspie Antarktycznym, gdzie temperatura powietrza wzrosła, od końca lat 40-tych do lat dziewięćdziesiątych, średnio o 2.5 deg (Ackley *i in.* 1996). Analiza danych pochodzących ze stacji położonych na Południowych Szetlandach wykazała tendencje do redukcji zakresu zmienności rocznej temperatury w efekcie wzrostu temperatur minimalnych zimą i spadku temperatur maksymalnych latem oraz jesienią (Rodriguez *i in.* 1996). Zdaniem Rodrigueza *i in.* (1996) zmiany temperatury w rejonie Południowych Szetlandów charakteryzuje pięcioletnia cykliczność, która nakłada się na ogólny trend ocieplenia klimatu. Zmiany temperatury w rejonie Półwyspu Antarktycznego i Południowych Szetlandów są słabo skorelowane ze zmianami temperatur na kontynencie Antarktydy (Ackley *i in.* 1996).

Zmiany temperatury powietrza są czynnikiem mającym znaczny wpływ na temperaturę wody. I tak roczny cykl zmian temperatury powietrza i jego obserwowane z roku na rok fluktuacje znalazły odzwierciedlenie w przebiegu temperatury wody w Zatoce Admiralicji. Na przykład zimą 1994-1995 temperatura wody była wyraźnie niższa niż w roku 1979, który charakteryzował się łagodniejszą zimą (Rakusa-Suszczewski 1996).

Pomiędzy temperaturą powietrza i warunkami lodowymi zaobserwowano występowanie ujemnej korelacji (Ackley *i in.* 1996), przy czym powierzchnia pokrywy lodowej i jej trwałość charakteryzują się znacznymi fluktuacjami. I tak na przykład zima 1985 r. była w rejonie Południowych Szetlandów szczególnie łagodna, tak że Cieśnina Bransfielda nawet w sierpniu nie była jeszcze zamarznięta (Quetin, Ross 1991). Podobnie łagodna była zima 1989 r. Natomiast zimą 1987 r. już w czerwcu pak lodowy sięgał 150 km na północ od Szetlandów Południowych (Quetin, Ross 1991).

Powierzchnia pokrywy lodowej zimą ma znaczny wpływ na warunki pokarmowe odżywiającego się w strefie podlodowej kryla (*E. superba*), a

zwłaszcza jego form larwalnych. Quetin *i in* (1994) zaobserwowali, że w czasie surowej zimy 1987 roku larwy kryla charakteryzowały się wysoką zawartością lipidów, szybkim tempem wzrostu i dobrym wskaźnikiem kondycji. Zaś w czasie łagodnej zimy 1989 r. larwy miały niską zawartość lipidów, były w złej kondycji, a nawet kurczyły się. Można domyślać się, że zmiany te powinny pociągać za sobą znaczne konsekwencje zarówno dla liczebności populacji kryla jak i dla populacji jego konsumentów.

Warunki lodowe panujące zimą mają prawdopodobnie wpływ również na termin rozpoczęcia i długość trwania sezonu rozrodczego u kryla. Nietypowe sezony rozrodcze występują często w latach anomalii lodowych. I tak na przykład w rejonie Cieśniny Bransfielda obserwowano w 1980/81 r. rekordowo szybkie cofanie się lodu morskiego oraz wczesny i krótki sezon rozrodczy u kryla (Spiridonov 1995). Można przypuszczać, że takie różnice w behawiorze kryla związane mogą być z występującymi z roku na rok zmianami warunków pokarmowych. Tempo produkcji fitoplanktonu w strefie przylodowej skorelowane jest bowiem ze zmianami zasięgu i trwałości lodu morskiego, a różnice sięgają nawet 50% (Smith *i in.* 1988).

Zaobserwowano jednocześnie, że po zimach mroźnych kryla było więcej (Rakusa-Suszczewski 1988), choć nie wydaje się by procesy biologiczne, takie jak wzrost czy śmiertelność mogły tłumaczyć całą obserwowaną zmienność biomasy populacji kryla (Godlewska i Rakusa-Suszczewski 1988, Rakusa-Suszczewski 1990). Priddle *i in.* (1988) obliczyli, że wyginiecie jednego pokolenia larw kryla spowodowałoby spadek liczebności populacji do 36.6% stanu poprzedniego, natomiast obserwowane na przykład w rejonie Cieśniny Bransfielda nieregularne wahania biomasy kryla sięgają dwóch rzędów wielkości (Kalinowski 1984, Kalinowski *i in.* 1985) i jak można przypuszczać spowodowane są czynnikami fizycznymi wpływającymi na rozmieszczenie kryla wokół kontynentu antarktycznego.

Badania w północnym rejonie Cieśniny Bransfielda wykazały istnienie prądu z SW na NE, płynącego w ciągu całego roku, lecz z różną szybkością (Madejski i Rakusa-Suszczewski 1990). Prąd ten transportuje kryla z zachodu, z rejonu Morza Bellingshausena. Jak wykazały obserwacje przeprowadzone w czasie badań SIBEX (1982/83) napływowi w rejon Południowych Sztetlandów cieplejszych wód z północy towarzyszył spadek biomasy kryla. Wydaje się że zmienność biomasy kryla w rejonie Cieśniny Bransfielda jest przede wszystkim następstwem zmian cyrkulacji atmosferycznej w tym rejonie, powodującej napływ wód z północy i przez to blokowanie napły-

wu z zachodu bogatych w kryla wód Morza Bellingshausena. Podobne zjawiska obserwowano również w innych rejonach Oceanu Południowego, gdy okresowo występujące anomalie atmosferyczne powodowały zakłócenia w cyrkulacji mas wodnych (Stein i Heywood 1988). Pośrednie dane dotyczące sukcesu rozrodczego fok i pingwinów z Bird Island pozwalają przypuszczać, że w rejonie tym na 10 kolejnych lat przypadają 2 lata nietypowe z bardzo niską biomasa kryla (Priddle *i in.* 1988).

W ostatnich latach pojawiły się obserwacje mogące sugerować istnienie związku pomiędzy okresowym pojawianiem się ciepłego prądu El Niño a zmiennością procesów biologicznych w obrębie ekosystemów Oceanu Południowego. Priddle *i in.* (1988) zwrócili uwagę, że niektóre lata charakteryzujące się niską biomasa kryla w rejonie Morza Scotia i Cieśniny Bransfielda przypadają w rok po pojawieniu się El Niño. Również okresowe wahania liczebności fok Weddella, krabojadów i lampartów morskich wydają się być skorelowane z El Niño (Kock i Shimadzu 1994).

Jednym z przykładów zmienności procesów biologicznych mogą być wieloletnie zmiany w składzie ichtiofauny Zatoki Admiralicji. Najczęściej poławianymi gatunkami ryb w płytkiej strefie były: *Notothenia coriiceps*, *Notothenia rossa*, *Goobinotothen gibberifrons*, *Lepidonotothen nudifrons* i *Trematomus newnesi* (Zadróźny 1996). W 1977 roku dominował *N. rossi* nad *N. coriiceps*. W 1979 roku liczebność obu była zbliżona zaś jesienią 1988 *N. coriiceps* dominowała nad *N. rossi*, podobnie jak w roku 1994/95 (Zadróźny 1996). W Zatoce Admiralicji jesienią i wiosną 1990 *N. rossi* w ogóle nie występowała, a zastąpiła ją *N. coriiceps*. Obserwacje z sąsiadującego od zachodu z Zatoką Admiralicji rejonu Potter Cove (Barrera-Oro i Marschoff 1990) potwierdzają występujące w różnych latach zmiany w składzie dominujących gatunków ryb. Nast *i in.* (1988) badając skład ichtiofauny rejonu Elephant Island stwierdzili, że w latach 1978-81 nastąpiła radykalna zmiana w strukturze dominacji - *Notothenia rossi marmorata* i *Champsocephalus gunnari* zastąpione zostały przez *Nothotenia gibberifrons*. Autorzy podejrzewają, że powodem mogły być wyjątkowo wysokie połowy *N. rossi marmorata* i *C. gunnari* w rejonie Półwyspu Antarktycznego w latach 1978-80. Podobne dane dotyczące zmienności składu ichtiofauny zebrano również dla innych obszarów położonych w rejonie Półwyspu Antarktycznego. I tak np. stadia postlarwalne *Notothenia gibberifrons* obecne były w Cieśninie Bransfielda wyjątkowo obficie w 1976 r., zaś w 1981 r. łowiono tylko pojedyncze ich egzemplarze (Kellerman i Kock 1988).

Dostępność kryła w odpowiednim czasie i odległości od miejsc lęgowych decyduje o ich sukcesie rozrodczym i liczebności populacji pingwinów (Trivelpiece *i in.* 1987). W latach charakteryzujących się niską biomasą kryła obserwowano na Bird Island dużą śmiertelność tych gatunków pingwinów i fok, dla których kryl stanowi główne źródło pożywienia. Powodowało to istotne fluktuacje liczebności ich populacji (Priddle *i in.* 1988).

Populacje pingwinów Zatoki Admiralicji charakteryzują się znaczną zmiennością liczebności. W przypadku pingwinów Adeli (*Pygoscelis adaliae*) na zachodnim brzegu Zatoki Admiralicji obserwuje się znaczny spadek liczebności tego gatunku z około 33 000 par w roku 1980 do około 14 000 w sezonie lęgowym 1989/90, przy czym największy spadek wystąpił na początku lat 80-tych, a więc w okresie najwyższych temperatur powietrza. Liczba par pingwinów białobrewych (*Pygoscelis papua*) gniazdujących w rejonie Zatoki Admiralicji podlega z roku na rok sporym wahaniom (Myrcha 1992), głównie w następstwie zmian atmosferycznych w pierwszej połowie października kiedy gatunek ten przystępuje do lęgów oraz w czasie inkubacji i dojrzwiania jaj (Moczydłowski 1986). I tak, na przykład w roku 1985 silne sztormy zniszczyły wszystkie jaja pingwinów w kolonii na Thomas Point. *Pygoscelis antarctica* najliczniejszy był w latach 1978/79, zaś w sezonie 1989/1990 na całym obszarze SSSI No.8 rozradzało się około 2.5 raza mniej par tego gatunku niż 10 lat wcześniej. Przyczyny tej zmienności są trudne do wyjaśnienia.

W czasie okresu badań 1988-1992 i 1994-1995 liczebność czterech gatunków pętonogich (słoni morskich, krabojadów, lampartów i uchatek) w Zatoce Admiralicji nie wykazywała statystycznie istotnych zmian (Rakusa-Suszczewski *i in.* w druku). Liczebność słoni morskich zmieniała się w ciągu roku cyklicznie, zaś zmiany populacji krabojadów i lampartów były wysoce nieregularne. Liczebność uchatek zmieniała się cyklicznie z dwoma szczytami jesienią i zimą. Obserwowany spadek liczebności fok Weddella wydaje się być następstwem rozbudowy stacji Ferraz i Machu-Picchu, gdzie gatunek ten licznie występował w latach ubiegłych.

Szczególną rolę odgrywają zmiany wywołane bezpośrednią ingerencją człowieka. Do takich należy gwałtowny wzrost liczebności uchatek, których populacje zostały wyniszczone przez człowieka w XIX wieku. Można przypuszczać, że obserwowany obecnie niezwykle szybki rozwój populacji uchatek spowodowany został także wybiciem wielorybów, które były ich pokarmowymi konkurentami (Kock i Shimadzu 1994). Liczebność wielo-

rybów, pozostających pod ochroną, również wzrasta lecz znacznie wolniej. W mniejszej skali o wpływie działalności człowieka świadczyć mogą zmiany rozmieszczenia *Branchinecta* w zbiorniczkach wodnych sąsiadujących ze stacją Arctowskiego (Janiec 1991), pojawienie się w okolicach stacji trawy *Poa* spp., przywleczonej tu w ostatnich latach przez turystów (Olech 1996), czy wreszcie zmiany liczebności fok Weddella będące następstwem rozwoju stacji badawczych (Rakusa-Suszczewski i in. 1997).

Literatura cytowana:

- Ackley S., Bentley C., Foldvik A., Clarke A., King J., Priddle J. Goodwin I., 1996.** A Summary of Global Change in the Antarctic. Antarctic Global Change Research. Newsletter of the SCAR Global Change Programme 2, s.3-15.
- Barrera-Oro E., Marschoff E., 1990.** A declining trend in the abundance of *Notothenia rossii marmorata* and *Notothenia gibberifrons* observed in fiords in two sites in the South Shetland Islands. Selected scientific Papers, SC-CAMLR - SSP/7, s.263-274.
- 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, 4, s.575-586.
- Janiec K., 1991.** A further note on *Branchinecta gaini* Daday 1910 population from the region of the Arctowski Station (King George Island, South Shetland Islands). Pol. Polar Res., 12, s.123-127.
- Kalinowski J., 1984.** The biomass of krill in the eastern part of Bransfield Strait, March 1981. Pol. Polar. Res., 5, 1-2, s.99-105.
- Kalinowski J., Godlewska M., Klusek Z., 1985.** Distribution and stock of krill in the Bransfield Strait and the Drake Passage during December 1983- January 1984. BIOMASS - SIBEX. Pol. Polar Res., 6, 1-2, s.151-158.
- Kellermann A., Kock K.-H., 1988.** Patterns of spatial and temporal distribution and their variation in early life stages of Antarctic fish in the the Antarctic Peninsula region. In: Sahrhage D. (ed.) Antarctic Ocean and resources variability. Springer Verlag , Berlin Heidelberg New York, s.147-159.
- Kock K.-H., Shimadzu Y., 1994.** Trophic relationships and trends in population size and reproductive parameters in Antarctic high-level predators. In: El-Sayed S.Z. (ed.) Southern Ocean Ecology. The BIOMASS perspective. University Press, Cambridge, s.287-312.
- Madejski P., Rakusa-Suszczewski S., 1990.** Annual observations of icebergs as tracers of water movement in the Bransfield Strait in front of Admiralty Bay (King George, South Shetland Islands). Antarctic Sci., 2, s. 259-263.

Martianov. V., Rakusa-Suszczewski S., 1990. Ten years of climate observations at the Arctowski and Bellingshausen stations (King George Is., South Shetland, Antarctic). In: Global change regional research centres. Seminar papers and IGBP WG 2 report Ed. Breymeyer Inst.Geogra. Spatial Org. PAS, s.80-87.

Moczyłowski E., 1986. Microclimate of the nest-sites of pygoscelid penguins (Admiralty Bay, South Shetland Islands). Pol. Polar Res., 7, s.377-394.

Myrcha A., 1992. Birds. In: Rakusa-Suszczewski S. (ed.) The maritime Antarctic coastal ecosystem of Admiralty Bay. Department of Antarctic Biology PAS, Warsaw, s.129-141.

Nast F., Kock K.-H., Sahrhage D., Stein M., Tiedtke J.E., 1988. Hydrography, krill and fish and their possible relationships around Elephant Island. In: Sahrhage D. (ed.) Antarctic Ocean and resources variability. Springer Verlag, Berlin Heidelberg New York, s.183-198.

Olech M., 1996. Human impact on terrestrial ecosystems in West Antarctica. Proc. NIPR Symp. Polar Biol., 9, s.299-306.

Priddle J., Croxall J.P., Everson I., Heywood R.B., Murphy E.J., Prince P.A., Sear C.B., 1988. Large scale fluctuations in distribution and abundance of krill - a discussion of possible causes. In: Sahrhage D. (ed.) Antarctic Ocean and resources variability. Springer Verlag, Berlin Heidelberg New York, s.169-182.

Quetin L.B., Ross R.M., 1991. Behavioral and physiological characteristics of the Antarctic krill, *Euphausia superba*. Am.Zool., 31, s.49-63.

Quetin L.B., Ross R.M., Clarke A., 1994. Krill energetics: seasonal and environmental aspects of the physiology of *Euphausia superba*. In: El-Sayed S.Z. (ed.) Southern Ocean Ecology. The BIOMASS perspective. University Press, Cambridge, s.165-184.

Rakusa-Suszczewski S., 1988. Differences in the hydrology, biomass and species distribution of plankton, fishes, and birds in the Bransfield Strait and the Drake Passage during FIBEX 1981 and SIBEX 1983/84. In: Sahrhage D. (ed.) Antarctic Ocean and resources variability. Springer Verlag, Berlin Heidelberg New York, s.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, s.305-311.

Rakusa-Suszczewski S., 1996. Spatial and seasonal variability of temperature and salinity in Bransfield Strait and Admiralty Bay, Antarctica. Pol. Polar Res., 17, s.29-42.

Rakusa-Suszczewski S., Salwicka K., Sierakowski K., Ciaputa P., (w druku). Long-term monitoring studies of pinniped abundance in Admiralty Bay, King George Island, South Shetlands. Marine Mammals.

Remmert H., 1980. Arctic animal ecology. Springer Verlag, Berlin Heidelberg New York, ss.250.

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, s.191-212.

Smith Jr. W.O., Keene N.K., Comiso J.C., 1988. Interannual variability in estimated primary productivity of the Antarctic marginal ice zone. In: Sahrhage D. (ed.) Antarctic Ocean and resources variability. Springer Verlag, Berlin Heidelberg New York, s.131-139.

Spiridonov V.A., 1995. Spatial and temporal variability in reproductive timing of Antarctic krill (*Euphausia superba* Dana). Polar Biol., 15, s.161-174.

Stein M., Heywood R.B., 1988. Antarctic environment - physical oceanography: the Antarctic Peninsula and Southwest Atlantic region of the Southern Ocean. In: El-Sayed S.Z. (ed.) Southern Ocean Ecology. The BIOMASS perspective. University Press, Cambridge, s.11-24.

Trivelpiece W.Z., Trivelpiece S.G., Volkman N.J., 1987. Ecological segregation of Adelie, Gentoo, and Chinstrap penguins at King George Island, Antarctica. Ecology, 68, 2, s.351-361.

Zadróźny T., 1996. Fishes of Admiralty Bay caught in 1994 and 1995 (King George Island, South Shetland Islands, Antarctica). Pol. Arch. Hydrobiol., 43, 3, s.347-35.

VARIABILITY OF SOUTH SHETLANDS GEOECOSYSTEM

Summary

Variability is one of the characteristic features of polar geoecosystems. In the mezo- and macro- time scales, variability of the ecosystems can be expressed by: irregular interannual changes multiyear cyclic changes, year-to-year directional changes and anthropogenic changes. Polish multidisciplinary research concerning physical, chemical and biological processes in the region of Admiralty Bay (King George Island, South Shetlands) demonstrates such variability.