

KRZYSZTOF W. OPALIŃSKI¹ i KRYSTYNA MACIEJEWSKA²

¹*Instytut Ekologii PAN*

Dziekanów, 05-092 Łomianki

e-mail: ekolog@warman.com.pl

²*Morski Instytut Rybacki*

ul. Kołłątaja 1, 81-332 Gdynia

e-mail: kmaciej@miryb.mir.gdynia.pl

Pracę tę dedykujemy Panu Profesorowi Romualdowi Z. Klekowskiemu

OCEAN POŁUDNIOWY — KRÓLESTWO KRYLA

OCEAN POŁUDNIOWY

Antarktyda, wielki ląd południowy, otoczona jest zewsząd oceanem. Na pierwszy rzut oka są to południowe peryferia Atlantyku, Pacyfiku i Oceanu Indyjskiego. Jednak hydrologi wykazali, że masy wodne przylegające do kontynentu stanowią odrębną całość — pas wód od brzegów Antarktydy do Konwergencji Antarktycznej, mniej więcej na 50–60° szerokości południowej, gdzie zimne wody zapadają się pod cieplejsze wody subtropikalne, to właśnie jest Ocean Południowy (Ryc. 1).

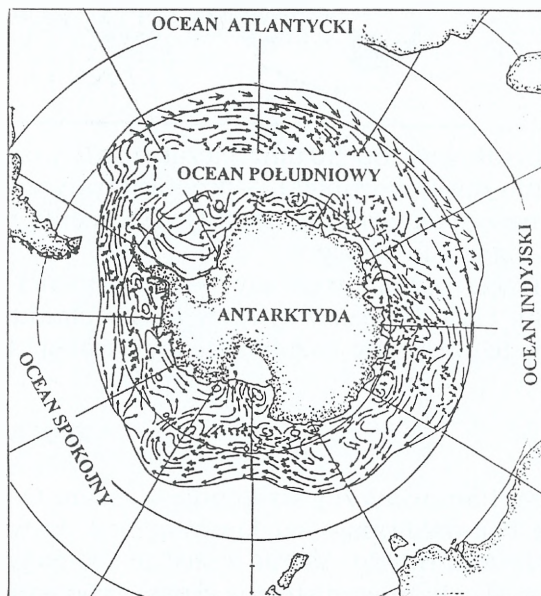
Wody Oceanu Południowego są zimne — od –2° do plus kilku stopni, dobrze natlenione, z dużą ilością substancji biogennych. Nawet latem w wielu miejscach pokryte są polami lodowymi, hulają nad nimi lodowate wiatry. Trudno wyobrazić sobie bardziej niegościnne miejsce na Ziemi. Ale to nasz, ludzki punkt widzenia. Wieloryby i pingwiny są innego zdania.

Co żyje w wodach Oceanu Południowego?

Zaczynając od podstawy piramidy pokarmowej (czyli od poziomu producentów) — fitoplankton, przede wszystkim okrzemki. Stanowią one 99% liczebności fitoplanktonu antarktycznego (ZERNOVA 1970). Ocenia się, że biomasa fitoplanktonu w Oceanie Południowym latem wynosi 320 mg w 1 m³ wody (KNOX 1970), co jest wartością bardzo wysoką w porównaniu z innymi morzami. Ale wzięwszy pod uwagę, że zimą w morzach antarktycznych fitoplanktonu prawie nie ma zupełnie, *per saldo*, w skali całego roku, produkcja pierwotna w Oceanie Południowym porównywalna jest z produktywno-

ścią ubogich, oligotroficznych mórz tropikalnych (SMITH i SAKSHAUG 1990)

Cechą charakterystyczną Oceanu Południowego jest plamistość występowania fitoplanktonu — miejsca bardzo bogate w fitoplankton, gdzie sieci planktonowe nie chcą cedić wody, bo są zaklejone żółto-brunatną, pachnącą trawą masą okrzemek, graniczą ze strefami niezwykle ubogimi w plankton — już w latach



Ryc. 1. Ocean Południowy — królestwo kryla antarktycznego.

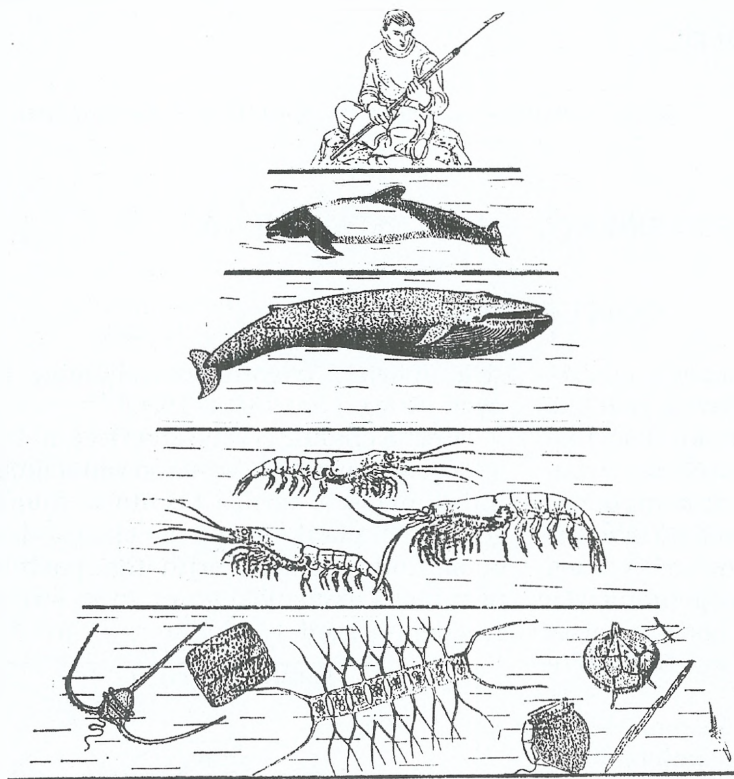
Strzałki oznaczają kierunki dominujących prądów powierzchniowych.

trzydziestych zauważył to HART (HART 1934, patrz również EL-SAYED 1988a, b). EL-SAYED (1988b) upatruje przyczyny takiego właśnie rozprzestrzenienia fitoplanktonu w zmiennych warunkach nasłonecznienia (asymilacja!), stabilności kolumny wody, ilości soli biogennych i presji roślinożerców.

Roślinożercy, drugi poziom piramidy pokarmowej (konsumenci I rzędu), w Oceanie Południowym reprezentowani są przez małe skorupiaki widłonogie (Copepoda), o długości do 5 mm i ciężarze kilkudziesięciu mikrogramów, duże półstrunowce, galaretowate sprzagle (Sal-

ptaki latające i pingwiny, ryby planktonożerne i głowonogi (kalmary). Ich biomase szacuje się na 14,5 mg w 1 m³ wody (KNOX 1970).

Czwarty poziom troficzny Oceanu Południowego to wielkie drapieżniki żywiące się konsumentami II rzędu — konsumenci III rzędu. Są to wieloryby uzębione żywiące się głowonogami, fokami i innymi wielorybami, foki lamparty morskie żywiące się pingwinami, foki żywiące się rybami i drapieżne ptaki. Ich biomasa oceniana jest na 0,8 mg w 1 m³ wody (też wg KNOXA). Uproszczony schemat piramidy troficznej Oceanu Południowego przedstawia Ryc. 2.



Ryc. 2. Uproszczony schemat piramidy troficznej pelagialu Oceanu Południowego.

Oczywiście proporcje wielkości organizmów w obrębie każdego poziomu troficznego i pomiędzy poziomami nie zostały zachowane. Wykorzystano elementy Ryciny z pracy PAQUEGNATA (1958).

pae), o długości 30–50 mm i ciężarze do 2 g, oraz również duże skorupiaki — kryl antarktyczny. Biomase tych zwierząt KNOX (1970) ocenia na 105 mg w 1 m³ wody.

Trzeci poziom troficzny — konsumenci II rzędu, czyli drapieżcy żywiący się zooplanktonem, to wieloryby fiszbinowe, foki krabojady,

Mniej więcej 200 lat temu na wodach Oceanu Południowego pojawił się nowy konsument — super-drapieżnik, konsument IV rzędu — *Homo sapiens*. Szybko i sprawnie wytrzebił pozostałe drapieżniki — konsumentów III i II rzędu — wieloryby i foki. Gdy już ich nie stało, wziął się za konsumentów I rzędu — za kryl.

KRÓLESTWO KRYLA

Kryl antarktyczny występuje w całym Oceanie Południowym — od konwergencji do wybrzeży Antarktydy. Ale nie wszędzie jest go tyle samo. Najchętniej występuje w pasie wód, które latem są wolne od stałej pokrywy lodowej, a zimą pokryte są stałym lub dryfującym lodem (HEMPEL 1985), a więc kryl unika zarówno zbyt dużej ilości lodu, jak i jego braku — *in media res*. Ale też wyraźnie lód jest mu potrzebny do życia.

Strefa Oceanu Południowego preferowana przez kryl ma powierzchnię około 20 mln km² (dla porównania: Polska — 313 tys. km²). Jest to królestwo kryla, albo „ekosystem krylowy”, jak określił go HEMPEL (1985). Dominuje tu prosty i krótki łańcuch pokarmowy: producenci (okrzemki) — roślinożercy (kryl) — drapieżniki (wieloryby). Jedyнным czynnikiem limitującym ten ekosystem jest światło, czyli

długość okresu wegetacyjnego fitoplanktonu (HEMPEL 1985). Ze strefy tej można według Hempla odłowić bez szkody dla ekosystemu 50 mln ton kryla rocznie.

Czy przewidywania profesora HEMPELA nie są zbyt optymistyczne? Przyjrzyjmy się nieco bliżej władcy ekosystemu krylowego — krylowi antarktycznemu.

KRYL JAKI JEST

Kryl — jak koń, jaki jest — każdy (biolog) widzi. Ale widzieć, a wiedzieć — to duża różnica. Świadczy o tym właśnie historia kryla. Sama nazwa kryl, a właściwie norweskie *krill*, pojawiła się dość dawno, już w XVIII wieku, w słowniku wielorybników norweskich. Pogardliwym nieco terminem *krill* — drobnica — określali oni jedy-ną nieprzydatną część wieloryba ćwiartowane-go na pokładzie — zawartość jego żołądka. Kie-dy walboty przyciągały do burty statku martwe cielska wielorybów, nie było czasu na dokładne przyglądanie się wielkiej masie drobiazgu wysy-pującego się z rozprutego żołądka płetwała błę-kitnego czy humbaka. Ot — drobiazg, drobne rybki i tyle — *krill*.

Czym tak naprawdę jest kryl, okazało się dopiero w roku 1852. Amerykańska Wyprawa Badawcza pod dowództwem porucznika Char-lesa Wilkesa, tego, który pierwszy stwierdził, że Antarktyda jest kontynentem, w latach 1839-42 zebrała bogate materiały przyrodnicze. I to na ich podstawie amerykański mineralog, geo-log i zoolog James Dwight Dana opisał nowy gatunek skorupiaka planktonowego z Antar-ktyki, którego pełna naukowa nazwa od tego czasu brzmi: *Euphausia superba* Dana, 1852 (patrz: DANA 1852). Jak się okazało, *Euphausia superba* to nic innego, jak ta wżgardzona „drob-nica” — *krill* z wielorybiego żołądka. I tak już zostało — *krill* (po polsku kryl) to *Euphausia superba*, i *Euphausia superba* — to kryl.

Co zoolog-systematyk może powiedzieć o krylu? Że jest to skorupiak należący do starego rzędu Euphausiacea i do gromady Malacostra-ca. Euphausiacea reprezentowane są obecnie przez 85 gatunków. Są to gatunki wyłącznie morskie i wyłącznie pelagiczne (BOWMAN i ABELE 1982). Rodzaj *Euphausia* wywodzi się prawdo-podobnie z południowych peryferii mezozoicz-nego Morza Tetydy (VAN DER SPOEL i współaut. 1990).

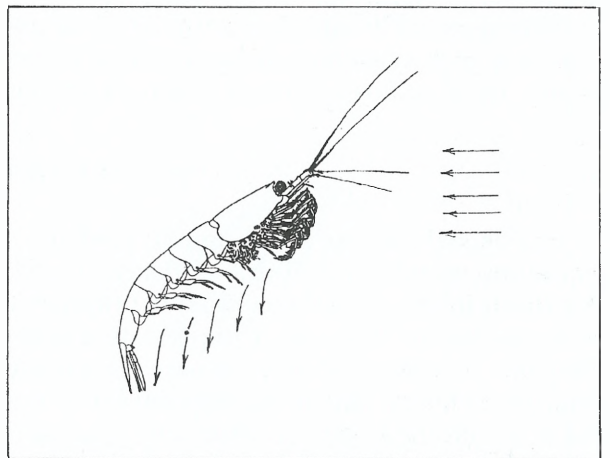
Kryl jest olbrzymem wśród skorupiaków pelagicznych — dorosłe osobniki osiągają dłu-gość 60–65 mm i ciężar do 2 g (MAUCHLINE i FISHER 1969, JAŻDŻEWSKI i współaut. 1978) (Ryc. 3). Długość życia kryla oceniana jest na 2 do 10 lat, ale czas generacji (czyli od wylęgnięcia się z jaja do złożenia jaj) — na 2,5 roku (MARR 1962, MACKINTOSH 1972). Samica kryla składa

od 2 do 20 tysięcy jaj w kilku (do 10) porcjach w ciągu całego sezonu letniego, a być może w ciągu kolejnych sezonów (JAŻDŻEWSKI i współ-aut. 1978, DENYS i współaut. 1981).

Jaja złożone w pelagialu, a więc na głęboko-ści około 50 m., opadają na głębokość 2 000 m. Tam następuje wylęganie larw — naupliusów, które przekształcają się w metanaupliusy, te z kolei w w trzy kolejno po sobie następujące stadia calyptopis. Calyptopis III przekształca się w stadium furcillii. Furcillii jest aż 6, i dopiero ostatnia, furcilia VI, przekształca się w osobni-ka młodocianego (MARR 1962, MAUCHLINE i FIS-HER. 1969).

Zaraz po wylęgnięciu się z jaj larwy kryla rozpoczynają żmudną wędrówkę ku górze — musza „wdrapać” się na wysokość aż 2 km, ku powierzchni, do pelagialu — furcille od IV do VI spotykane są już w górnej, 50-metrowej war-stwie wód Oceanu Południowego.

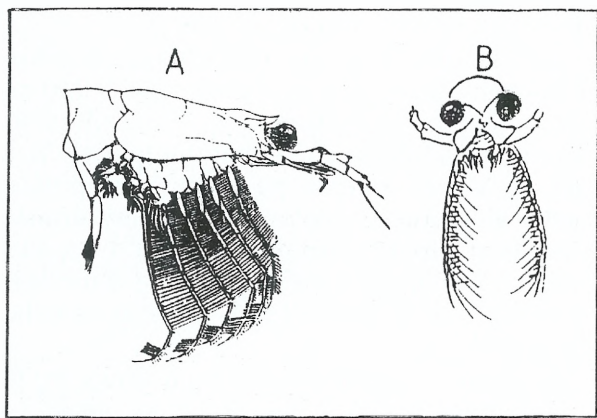
Dlaczego kryl przechodzi tak skomplikowa-ny rozwój — 12 stadiów rozwojowych, wędrów-ka tam i z powrotem 4 km? Wszystko to zapew-ne ze względu na sposób odżywiania się doro-słego kryla żyjącego w górnej, 100 metrowej warstwie pelagialu.



Ryc. 3. Kryl antarktyczny, *Euphausia superba*, Dana w naturalnej pozycji podczas pływania i odżywiania się. Strzałkami zaznaczono kierunek ruchu wody (prądu) i ruchy wody wywołane przez zwierzę (MACIE-JEWSKA 1996).

CO KRYL JE?

Kryl jest filtratorem — odżywia się tym, co wpadnie do jego „koszyczka filtracyjnego”. Koszyczek ten jest utworzony przez gęste, zachodzące na siebie szczecinki znajdujące się na pierwszych 6 parach odnóży tułowiowych zwierzęcia. (Ryc. 4). Zwierzę otwiera koszyczek i



Ryc. 4. Koszyczek filtracyjny kryla. A — widok z boku (według McCALCHIEGO i BOYDA 1983), B — widok z przodu (według PAVLOVA 1972) (MACIEJEWSKA 1996)

„zagarnia” do niego wodę, a następnie zmniejszając objętość koszyczka „wyciska” z niego tę wodę przez misterne sito utworzone przez ząbkujące się szczecinki tworzące ścianki koszyczka. Plankton znajdujący się w zagarniętej do koszyczka porcji wody pozostaje na wewnętrznych jego ściankach i trafia do otworu gębowego zwierzęcia (McCLATCHIE i BOYD 1983).

Taki sposób filtracji, nazywany „filtracją ciśnieniową” jest niezwykle wydajny — kryl teoretycznie może odfiltrowywać z wody nawet ba-

kterie. Według HEMPELA (HEMPER 1985) kryl jest najbardziej efektywnym filtratorem spośród wszystkich zwierząt. Co więcej — filtracja ciśnieniowa jest charakterystyczna dla dużych filtratorów — takich jak śledzie czy wieloryby fiszbinowe. Duża szybkość poruszania się, wydajny sposób filtracji powodują, że kryl w swoim środowisku działa jak odkurzacz i jest w stanie wyjeść cały plankton znajdujący się na jego drodze (EL-SAYED 1988 a, b).

Teraz zrozumiała staje się wędrówka jaj i larw kryla — jaja opadając na znaczne głębokości znajdują się poza strefą występowania osobników dorosłych — kiedy pojawiają się ponownie w pelagialu jako furcille IV są już na tyle duże, że nie dają się zjeść mamie lub tacie. Choć nie zawsze. Według danych literaturowych kryl może być kanibalem (KILS 1983, BOYD i współaut. 1984), ale może zjadać także detritus (HOLM-HANSEN i HUNTLEY 1984), florę podlodową (SMETACEK i współaut. 1990, LIGOWSKI 1993), a nawet osady dennie (KAWAGUCHI i współaut. 1986).

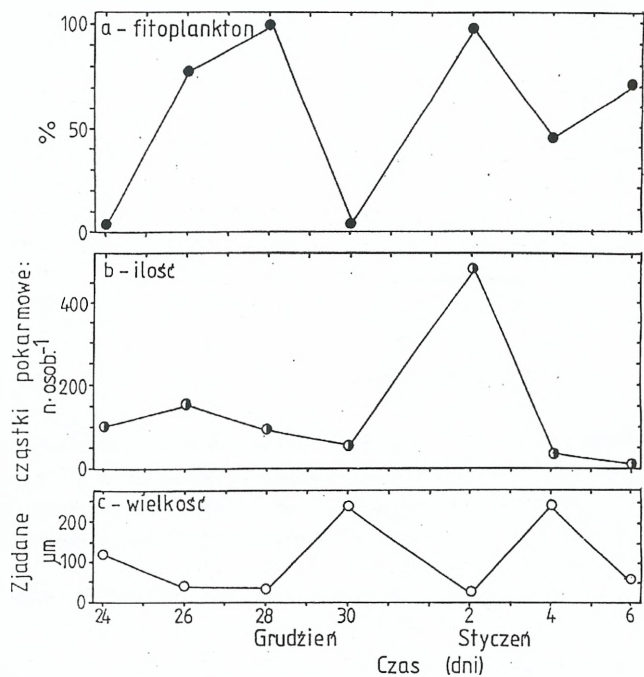
Ale od czasów BARKLEYA (1940) wszyscy wiedzą, że kryl odżywia się prawie wyłącznie fitoplanktonem — morskimi okrzemkami (HART 1934, HUSTEDT 1958, LIGOWSKI 1982, 1993, ZHU GENHAI 1989), a więc jest zwierzęciem roślinożernym. Dopiero szczegółowa analiza zawartości przewodów pokarmowych kryla zebranego prawie z całego Oceanu Południowego, i to zarówno latem, jak i zimą (MACIEJEWSKA 1996) wykazała, że sprawa wcale nie jest tak prosta, jak pół wieku temu wydawało się BARKLEYOWI.

NIE ODKURZACZ, ALE MYŚLIWY

Oto okazało się, że nawet latem, kiedy fitoplanktonu w Oceanie Południowym jest w bród, to w diecie kryla 10% stanowi pokarm zwierzęcy — zooplankton. (Ryc. 5). I nie jest to zwykły „przyłów” — zwierzęta, które w porę nie zdołały uciec przed koszyczkiem filtracyjnym kryla; nawet w środku lata pokarm zwierzęcy może stanowić 96% zawartości żołądka. Zimą, kiedy w Oceanie Południowym fitoplankton nieomal zupełnie zanika, kryl odżywia się prawie wyłącznie zooplanktonem (MACIEJEWSKA 1993, 1996, OPALIŃSKI i MACIEJEWSKA 1994).

Ta wszystkożerność kryla może tłumaczyć wzajemne wykluczanie się w wodach antarktycznych sprzagli i kryla — obie te grupy zwierząt

tworzą olbrzymie ławice w wodach powierzchniowych Oceanu Południowego — wielkie skupienia kryla zabarwiają morze ma różowo (MARR 1962), równie wielkie skupienia sprzagli powodują, że powierzchnia morza staje się szara (obserwacje własne autorów). To wzajemne wykluczanie się jest zjawiskiem charakterystycznym dla gatunków o tej samej niszy pokarmowej — odżywiających się tym samym pokarmem, konkurujących o pokarm. Jeżeli kryl jest wszystkożerny, to jest konkurentem pokarmowym wszystkożernych sprzagli. Natomiast nie jest konkurentem widłonogów, ze względu na różnicę wielkości cząstek pokarmowych, które może zjeść pięciomilimetrowy widłonóg i dzie-



Ryc. 5. Mikroskalowe zmiany składu pokarmu kryla w Zatoce Admiralicji w okresie od 24 grudnia 1983 do 6 stycznia 1984.

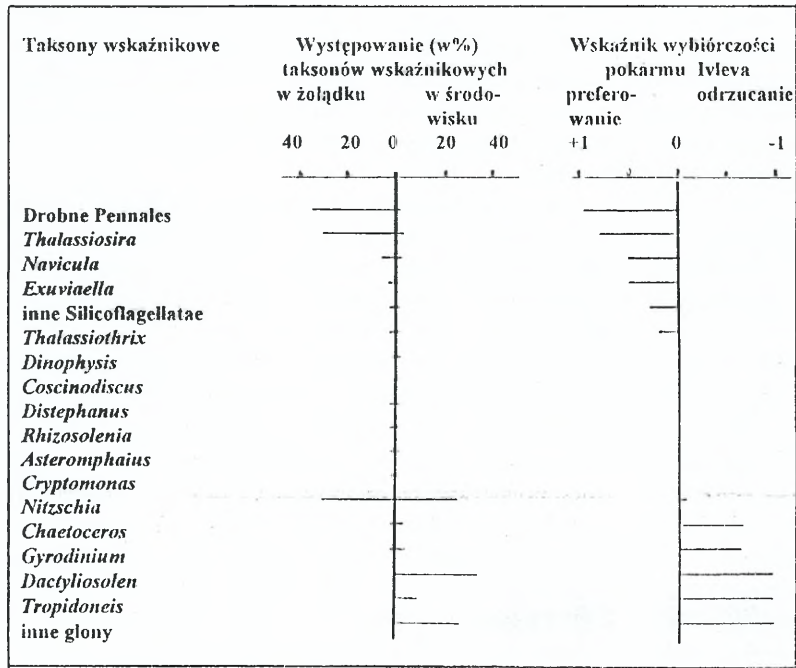
a — udział procentowy fitoplanktonu w diecie kryla, b — średnia ilość cząstek pokarmowych w żołądku kryla, c — średnia wielkość cząstek pokarmowych w żołądku kryla (MACIEJEWSKA 1996).

sięciokrotnie większy kryl. I dlatego kryl i widłonogi występują razem, na tych samych obszarach Oceanu Południowego.

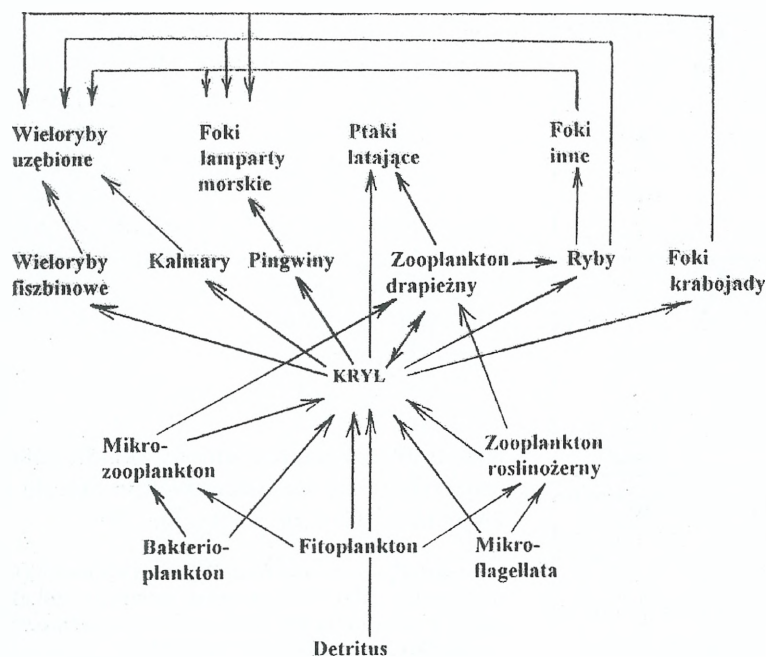
Dlatego od 50 lat, od czasów BARKLEYA, nikt nie zauważył, że kryl żywi się również pokarmem zwierzęcym, a wszyscy badacze powtarzali tezę o jego odżywianiu się wyłącznie okrzemkami?

Wydaje się, że to вина BARKLEYA — skoro ten solidny niemiecki naukowiec napisał, że kryl żywi się okrzemkami, to sprawą zajęli się botanicy-okrzemkarze. Pech chciał, że procedury związane z przygotowaniem próbek do oznaczania gatunków okrzemek są dość drastyczne (np.

gotowanie w stężonym kwasie). Wszystkie inne składniki pokarmu kryla — poza krzemionkowymi skorupkami okrzemek — są bezpowrotnie zniszczone i dlatego nie odnotowywano ich obecności w żołądkach zwierząt. Ale na tym nie koniec. Szczegółowe porównanie składu taksonomicznego okrzemek w żołądku kryla i w miejscu jego żerowania wykazały, że kryl wcale nie jest „odkurzaczem” zjadającym wszystko, co spotka na swej drodze. Otóż, choć trudno w to uwierzyć, kryl wybiera sobie pokarm nie tylko ze względu na jego wielkość, ale również ze względu na jakość, czyli przynależność taksonomiczną (OPALIŃSKI i współaut. 1997) (Ryc. 6).



Ryc. 6. Wybiórczość pokarmowa kryla — częstość występowania poszczególnych taksonów wskaźnikowych w środowisku i w żołądkach zwierząt oraz obliczony na tej podstawie wskaźnik wybiórczości pokarmowej Ivleva (OPALIŃSKI i współaut. 1997).



Ryc. 7. Schemat sieci troficznej pelagialu Oceanu Południowego z uwzględnieniem faktu odżywiania się kryla również pokarmem zwierzęcym.

Strzałki wskazują kierunki przepływu energii.

Tego właściwie można było się spodziewać obserwując kryl w akwarium — jedne cząstki zawiesin (fitoplanktonu) trafiały do koszyczka filtracyjnego zwierzęcia, inne nie, jeszcze inne były z niego wyrzucane (obserwacje autorów). I znowu — widzieć, a rozumieć, to dwie różne rzeczy.

A więc kryl nie jest wszystkożernym „odkurzaczem”, ale precyzyjnym łowcą wybierającym z planktonu co smaczniejsze kąski roślinne, ale

i zwierzęce. A jak odróżnia smaczną *Thalassiosira* od nie smacznej *Tropidoneis*? Pewnie tak jak my odróżniamy kawior od kaszanki.

Jakie następstwa ma stwierdzenie, że kryl wcale nie jest zwierzęciem wyłącznie roślinożernym? Ogromne. I to zarówno teoretyczne, ważne dla poznania funkcjonowania ekosystemu Oceanu Południowego, jak i praktyczne, ważne dla rybołówstwa.

NASTĘPSTWA WSZYSTKOŻERNOŚCI

Po pierwsze trzeba nieco zmienić dotychczasowy schemat sieci pokarmowej Oceanu Południowego (Ryc. 7). Kryl żywi się nie tylko fitoplanktonem, ale wszystkimi rodzajami zooplanktonu wymienionymi na rycinie 7. Może się więc okazać, że dla tych, którzy tym zooplanktonem się odżywiali — zooplankton drapieżny, ryby, ptaki — pokarmu nie wystarczy, bowiem jego część zjedzona została przez kryla.

Ale czy kryl zjada aż tak dużo zooplanktonu, że może to zachwiać wymyśloną przez biologów piramidą troficzną Oceanu Południowego? Można spróbować to policzyć.

W Oceanie Południowym żyje około 900 bilionów (900 000 000 000 000) osobników kryla (HEMPEL 1985), każdy z nich zjada dziennie 35 mg pokarmu (OPALIŃSKI 1991), co daje około 30 mln ton dziennie. Jeżeli latem zooplankton stanowi 10% pokarmu kryla (MACIEJEWSKA 1996), to uwzględniając różnice wartości energetycznej fito- i zooplanktonu okaże się, że kryl zjada dziennie 27 mln ton fitoplanktonu i 1,5 mln ton zooplanktonu. Dla kogoś tych półtora miliona ton zooplanktonu zabraknie!

Średnio, w ciągu całego roku zooplankton stanowi około 50% diety kryla (MACIEJEWSKA 1996) — co daje 7,5 mln ton zjedzonego dziennie zooplanktonu — ale z tym wyliczeniem należy być bardzo ostrożnym — o liczebności kryla zimą nasza wiedza jest wciąż niedostateczna i takie wyliczenie może być obarczone dużym błędem.

Z tej wyliczanki wypływa jeden bardzo ważny wniosek — ekosystem Oceanu Południowego jest dużo bardziej skomplikowany, niż nam się wydawało i trzeba zrewidować nasz pogląd na temat jego sieci troficznych.

Po drugie — dotychczas wydawało się biologom, że zasoby kryla są nieomal nieograniczone — oceniano je nawet na miliard ton i więcej (LUBIMOVA i współaut. 1973). Dane te opierano między innymi na pozycji kryla w piramidzie troficznej Oceanu Południowego — rola konsumenta I rzędu, czyli roślinożercy, pozwalała przypuszczać, że produkcja biologiczna kryla jest ogromna, wynosi około 1/10 produkcji pierwotnej, czyli produkcji fitoplanktonu. Jeżeli teraz kryl „awansował” do wyższego poziomu

troficznego, stał się w połowie konsumentem II rzędu; jego produkcję biologiczną można oceniać już nie na 1/10, ale na 5/100 produkcji pierwotnej Oceanu Południowego. Przypomnijmy, że z niższego na wyższy poziom troficzny przekazywana jest tylko 1/10 energii (produkcji), a więc konsumenci I rzędu otrzymują 1/10 produkcji producentów i przekazują konsumentom II rzędu 1/10 swojej produkcji, czyli 1/100 produkcji producentów i tak dalej — konsumenci V rzędu otrzymują zaledwie 1/100

000 energii wyprodukowanej przez producentów (patrz KLEKOWSKI i DUNCAN 1975).

Jeżeli produkcja biologiczna kryla jest kilkakrotnie niższa, niż dotychczas przypuszczaliśmy, to szybko trzeba zrewidować nasze poglądy na jego eksploatację. Dotychczas kryl łowił kto chciał i ile chciał — wystarczało dla wszystkich. Teraz na pewno trzeba będzie poważnie ograniczyć kwoty połowowe. A tu już zaczyna się wielka polityka.

Ale po co łowić kryl?

STO POCIECH Z KRYLA

Kiedy w roku 1972 rozpoczęto połowy kryla na skalę przemysłową (Japończycy i Rosjanie), miał on zaspokoić głód białka zwierzęcego na świecie. Pojawiły się koncentraty białkowe, pasty, dodatki do wędlin i pasztetów, no i przede wszystkim mączka krylowa o właściwościach nie ustępujących mączce rybnej. Ale wkrótce okazało się, że transport z Antarktyki do Europy (ca 15 tys. km) tak podraża produkty z kryla, że może on co najwyżej zastąpić krewetki lub inne *frutti di mare*, co jakoś nie satysfakcjonowało głodujących.

Potem okazało się, że najcenniejszą częścią kryla nie jest wcale jego różowe mięso, ale wyrzucany dotychczas jako odpad produkcyjny chitynowy pancerz. Bo z chityny można wszystko — od schronu przeciwoatomowego do perfum. No bo i przyspieszające gojenie się ran opatrunki, nici chirurgiczne, zasyпки na oparzenia, nośniki leków, nośniki zapachów, nośniki barwników (szminki, pudry), nośniki środ-

ków ochrony roślin i nawozów sztucznych, wypełniacze do kolumn do odzyskiwania metali ze ścieków, dodatek do betonu nie przepuszczający promieniowania jonizującego (DUTKIEWICZ 1991).

O tych właściwościach chityny wiedzano już od dawna, brakowało tylko jej źródła. A teraz się ono znalazło. Ale tu „stop” powiedzieli biolodzy — dla uzyskania 1 tony chityny trzeba „przerobić” 500 ton kryla, z tego 499 pójdzie za burtę, jako „odpad”. Taka rabunkowa gospodarka rychło doprowadziłaby do naruszenia „stada podstawowego” kryla, czyli wielkości populacji gwarantującej jej przetrwanie. Już „przerabialiśmy” to z wielorybami — z wiadomym skutkiem. Ale wieloryby są na szczycie piramidy troficznej Oceanu Południowego, a kryl — u jej podstawy. A jak naruszy się podstawa, wszystko może runąć. Piramida troficzna Oceanu Południowego też.

KTO ZJADA KRYL?

To pytanie należało by właściwie odwrócić: kto nie je kryla w Oceanie Południowym? W sieci pokarmowej Antarktyki kryl zajmuje miejsce centralne — jest podstawą wszystkich łańcuchów pokarmowych, i to zarówno morskich, jak i lądowych. A więc kryl zjadany jest przez inne organizmy planktonowe — drapieżne jamochłony i obunogi. Na kryl polują kalmary, zjadają go ryby pelagiczne i nurkujące ptaki — pingwiny, a także ssaki morskie — foki krabojady no i przede wszystkim — wieloryby fiszbinowe. Dla tych trzech ostatnich grup — większości gatunków pingwinów, krabojadów i fiszbinowców kryl jest głównym składnikiem menu — znaczące zmniejszenie populacji kryla będzie wyrokiem na te zwierzęta. To samo do-

tyczy większości morskich ptaków latających — od niewielkiego petrela przyładkowego do olbrzymiego albatrosa wędrownego — wszystkie one żywią się planktonem z warstw powierzchniowych — głównie krylem.

Ale to nie koniec. Większość ptaków latających i pingwinów gniazduje na pozbawionych lodu skrawkach Antarktydy i na wyspach subantarktycznych. Ich odchody wzbogacają jałowe piaski w materię organiczną i niezbędne substancje biogenne — w ten sposób powstają pierwotne gleby polarne, w których rozwija się tundra antarktyczna, w której obok mchów i porostów z czasem pojawia się i fauna: pierwotniaki, nicienie, niesporczaki, skoczogonki. A wszystko dzięki krylowi.

KRÓL KRYL

A więc niekoronowanym i niekwestionowanym królem Oceanu Południowego jest kryl. Według HEMPELA (HEMPEL 1985) kryl jest najliczniejszym gatunkiem na Ziemi (przynajmniej pośród tych zwierząt, które widać gołym okiem) — osobników kryla jest 200 000 razy więcej niż ludzi. I pomimo tak wielkiej liczebności nie tworzy podgatunków, ras geograficznych i populacji lokalnych (FEVOLDEN i SCHNEPPENHEIM 1989), co wydaje się bardzo dziwne. Zapewne w tej homogenności populacji kryla największą rolę odgrywa Antarktyczny Prąd Okołobiegunowy obiegający Antarktydę z zachodu na wschód z szybkością 15–21 km na dobę (MACKINTOSH 1972).

Kryl, chociaż może poruszać się z szybkością 20–30 cm na sekundę (KILS 1983), nie może skutecznie przeciwstawić się Prądowi Okołobiegunowemu — jest wszak zwierzęciem planktonowym — i wraz z nim krąży wokół Antarktydy. Na okrażenie całego kontynentu kryl potrzebuje około pięciu lat. Już w połowie tego okresu — po 2,5 roku, po przepłynięciu około 15 tys. km dojrzewa i składa jaja — o 15 tys. km od miejsca, gdzie sam przyszedł na świat. Prawdopodobnie ten właśnie mechanizm nie dopuszcza do wytwarzania się lokalnych populacji czy ras genetycznych.

Ale kryl nie jest samotnym wędrowcem — wprost przeciwnie, lubi towarzystwo współbraci prawie jak swojskie owce na hali. Kryl tworzy ławice — skupienia. Mogą one rozciągać się na setki mil kwadratowych, składać się z milionów osobników, a ich biomasa może sięgać tysięcy ton (WITEK i współaut. 1981). W 1m³ wody znajdować się może ponad 10 kg kryla (MILLER i HAMPTON 1989), czyli 20 osobników w jednym litrze! Ponieważ jeden osobnik do utrzymania się w toni wodnej w swej naturalnej pozycji (patrz Ryc. 3) potrzebuje około 100–120 cm³ przestrzeni, to nie trudno obliczyć, że te „przestrzenie osobnicze” poszczególnych zwierząt muszą na siebie zachodzić — zwierzęta stykają się lub oddziałują na siebie wytwarzanymi prądami wody. Kryl w takiej ławicy przypomina ptaki z obrazu Eschera „Sky and water” lub samochody w korku ulicznym. Teoretycznie w takim skupieniu powinno — jak w korku ulicznym — braknąć tlenu, a woda winna być zatruta wydalanym amoniakiem. A jednak zwierzętom to nie szkodzi, skoro raz na dobę skupiają się, by po kilku godzinach rozproszyć się. No cóż — my też jakoś wytrzymujemy w tych korkach — widocznie jest to i nam, i krylowi, do czegoś potrzebne.

EPILOG

Od ponad 20 lat badamy kryl — jego występowanie, biologię, ekologię, fizjologię, odżywianie się, skład chemiczny, technologie połowów i przeróbki. Kryl stał się polskim *specialite de la maison* — tylko nie kuchni, a nauki. Kolejne publikacje, doktoraty, habilitacje — tylko z polskich prac o krylu powstała by spora biblioteczka. Ale im lepiej poznajemy kryl, tym rodzi się więcej pytań na jego temat.

Tymczasem coraz mniej statków łowi kryl, zainteresowanie ze strony przemysłu tym kró-

lem Antarktyki spada. Może to i dobrze? Może nie spotka go los wielorybów i uchaterek, słoni morskich i lądowych, nosorożców i morsów, bizonów i turów, i wszystkich tych gatunków, które wyniszczyliśmy nie z rzeczywistej potrzeby zachowania naszego gatunku, ale z niepomowanej chęci zysku.

Życzymy tego krylowi. Życzymy tego Oceanowi Południowemu. Życzymy tego sobie.

SOUTHERN OCEAN — THE KINGDOM OF ANTARCTIC KRILL

Summary

The Southern Ocean, or more generally — Antarctic marine ecosystem is a semi-closed unit. Its southern boundary is fairly well defined by the coast of Antarctic continent, and the northern boundary — by the Antarctic Convergence. The Southern Ocean is not ecologically uniform. The three pelagic zones can be described: ice free zone, seasonal pack-ice zone, and permanent pack-ice zone. In the seasonal pack-ice zone of the East Wind Drift, Antarctic krill is the dominant element. The short diatom — krill -

whale food web were first take as indications of a very large renewable resource. However, it is now known that krill eat quite large volume of zooplankton — in the summer zooplankton can constitute 10% of krill food, and in the whole year about 50%. This means that krill compete with other planktonophagous animals, like fishes, copepods and salps. And this means that we must change krills position in the trophic pyramide of the Southern Ocean: from the second level (phytoplankton consumer) to the second and

half level (phytoplankton and zooplankton consumer). It means that krill stock can be about 5 times lower in comparison with earlier calculations. And it means that

krill catches must be better controlled, and, may be, restricted.

LITERATURA

- BARKLEY E., 1940. *Nahrung und Filterapparat des Walkreb-schens Euphausia superba Dana*. Z. Fisch. 1, 65–156.
- BOYD C. M., HEYRAUD M., BOYD C. N., 1984. *Feeding of the Antarctic krill, Euphausia superba*. J. Crust. Biol. 4, 123–141.
- BOWMAN T. E., ABELE L. G., 1982. *Clasification of the recent crustacea*. [W:] *The biology of crustacea*. BLISS D. E. (red.). Academic Press, New York, vol. 1. str. 1–27.
- DANA J. D., 1852. *Crustacea*. US Exploring Expedition under the command of Charles Wilkes. US Navy 13, str. 685.
- DENYS C. J., POLECK T. P., O'LEARY M. M., 1981. *Biological studies of krill, austral summer 1979/80*. Antarct. J. US 15, 146–147.
- DUTKIEWICZ J., 1991. *Possible use of krill chitin*. [W:] *The first Polish-Soviet Antarctic Symposium*. KLEKOWSKI R. Z., K. W. OPALIŃSKI (red.), IE Publishing Office, Dziekanów, str. 141–140.
- EL-SAYED S. Z., 1988 a. *Productivity of the Southern Ocean, a closer look*. Comp. Bioch. Physiol. 90 B, 489–498.
- EL-SAYED S. Z., 1988 b. *Seasonal and interannual variabilities in Antarctic phytoplankton with reference to krill distribution*. [W:] *Antarctic Ocean and resources variability*. SAHRHAGE D. (red.), Springer, Berlin, str. 101–119.
- FEVOLDEN S. E., SCHNEPPENHEIM R., 1989. *Genetic homogeneity of krill (Euphausia superba Dana) in the Southern Ocean*. Polar Biol. 9, 533–539.
- HART T. J., 1934. *On the phytoplankton in Antarctic surface waters*. Discovery Reps., 8; 1–268.
- HEMPEL G., 1985. *Antarctic marine food webs*. [W:] *Antarctic nutrient cycles and food webs*. SIEGFRIED R., CONDY P. R. E., LAWS R. M. (red.), Springer, Berlin, 266–270.
- HOLM-HANSEN O., HUNTLEY M. E., 1984. *Feeding requirements of krill in relation to food resources*. J. Crust. Biol. 4, 156–173.
- HUSTEDT F., 1958. *Diatomeen aus der Antarktis und dem Suedatlantik*. Deutsche Antarktische Expedition 1938–1939. Wiss. Erg. dt. antarkt. Exped. 2, 103–191.
- JAŻDŻEWSKI K., DZIK J., POREBSKI J., RAKUSA-SUSZCZEWSKI S., WITEK Z., WOLNOMIEJSKI N., 1978. *Biological and populational studies on krill near South Shetland Inlands, Scotia Sea and South Georgia in summer 1976*. Pol. Arch. Hydrobiol. 25, 607–631.
- KAWAGUCHI K., MATSUDA O., ISHIKAWA S., NAITO Y., 1986. *A light trap to collect krill and other micronectonic and planktonic animals under Antarctic coastal fast ice*. Polar Biol. 6, 37–42.
- KILS U., 1983. *Swimming and feeding of Antarctic krill — some outstanding energetics and dynamics — some unique morphological details*. Ber. Polarforsch. 4, 130–155.
- KLEKOWSKI R. Z., DUNCAN A. 1975. *Physiological approach to ecological energetics*. IBP Handbook 24, Blackwell, Oxford, str. 15–64.
- KNOX G. A., 1970. *Antarctic marine ecosystem*. [W:] *Antarctic Ecology*. HOLDGATE M. W. (red.), Academic Press, London, vol. 1, 69–96.
- LIGOWSKI R., 1982. *Phytoplankton food of Euphausia superba Dana caught in the Southern Drake Passage and Bransfield Strait, February–March 1981 (BIOMASS-FIBEX)*. Pol. Polar Res. 3, 281–288.
- LIGOWSKI R., 1993. *Morskie okrzemki (Bacillariophyceae) w ekosystemie Antarktyki i ich znaczenie jako wskaźnika źródła pokarmu kryla (Euphausia superba Dana)*. Wyd. Uniw. Łódzkiego, Łódź, str. 241.
- LUBIMOVA T. G., NAUMOV A. G., LAGUNOV L. L., 1973. *Prospects of the utilisation of krill and other unconventional resources of the world ocean*. J. Fish. Res. Board Can. 30, 2196–2201.
- MACIEJEWSKA K., 1993. *Food differentiation in postlarval stages of Antarctic krill Euphausia superba*. Pol. Polar Res. 14, 43–54.
- MACIEJEWSKA K., 1996. *Odżywianie się kryla antarktycznego Euphausia superba Dana*. Oficyna Wydawnicza IE PAN, Dziekanów, str. 109.
- MACKINTOSH N. A., 1972. *Life cycle of Antarctic krill in relation to ice and water conditions*. Discovery Reps. 36, 1–94.
- MARR J., 1962. *The natural history and geography of the Antarctic krill (Euphausia superba Dana)*. Discovery Reps. 32, 33–464.
- MAUCHLINE J., FISHER L. R. 1969. *The biology of Euphausiids*. Adv. Mar. Biol. 7, 1–454.
- McCLATCHIE S., BOYD C. M., 1983. *Morphological study of sieve efficiencies and mandibular surfaces in the Antarctic krill, Euphausia superba*. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 40, 955–967.
- MILLER D. G. M., HAMPTON J., 1989. *Biology and ecology of Antarctic krill (Euphausia superba Dana), a review*. BIOMASS, 9, 1–166.
- OPALIŃSKI K. W., 1991. *Respiratory metabolism and metabolic adaptations of Antarctic krill Euphausia superba*. Pol. Arch. Hydrobiol. 38, 183–263.
- OPALIŃSKI K. W., MACIEJEWSKA K., 1994. *Food and feeding in Euphausia superba, individual variation*. XXI Polar Symposium, Institute of Geophysics PAS, Warszawa, str. 293–298.
- OPALIŃSKI K. W., MACIEJEWSKA K., GEORGEVA L. G., 1997. *Notes on food selection in Antarctic krill, Euphausia superba*. Polar Biol. 17, 350–357.
- PAVLOV V. YA., 1972. *Pitanie i niekotorie certy povedenia Euphausia superba Dana*. Tezisy. VNIRO, Moskva, str. 128.
- PEQUEGNAT W. E., 1958. *Whales, plankton and man*. Scientific American: offprint no 853 (za: PIPKIN B., GORSLINE D. S., CASEY R. E., 1977. *Laboratory exercises in oceanography*. W. H. Freeman and Co., San Francisco, 255).
- SMETACEK V., SCHAREK, NOETHIG, 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, Berlin, str. 103–114.
- SMITH, W. O., SAKSHAUG E. 1990. *Polar phytoplankton*. [W:] *Polar Oceanography*. SMITH O. W. (red.), Academic Press, London, str. 477–525.
- VAN DER SPOEL S., PIERRO-BULTS, A. C., SCHALK, P. H. 1990. *Probable mesozoic vicariance in the biogeography of Euphausiacea*. Bijdragen tot de Dierkunde 60, 155–162.
- WITEK Z., KALINOWSKI J., GRELOWSKI A., WOLNOMIEJSKI N., 1981. *Studies of aggregations of krill (Euphausia superba)*. Meeresforschung 28, 228–243.
- ZERNOVA, V. V., 1970. *Phytoplankton of the southern Ocean*. [W:] *Antarctic Ecology*. HOLDGATE M. W. (red.), Academic Press, London, vol. 1, str. 136–142.
- ZHU GENHAI, 1989. *Diet analysis of Antarctic krill, Euphausia superba Dana*. Acta Oceanologica Sinica 8, 457–462.