

NIESPOKOJNIE NAD LODAMI



**Dr hab. inż.
Katarzyna J.
Chwedorzewska**

jest adiunktem
w Zakładzie Biologii
Antarktyki IBB PAN.
Członkini Komitetu
Badań Polarnych
przy Prezydium
PAN. Zajmuje się
genetyką populacji
roślin antarktycznych
i wpływem człowieka
na ekosystemy
antarktyczne.

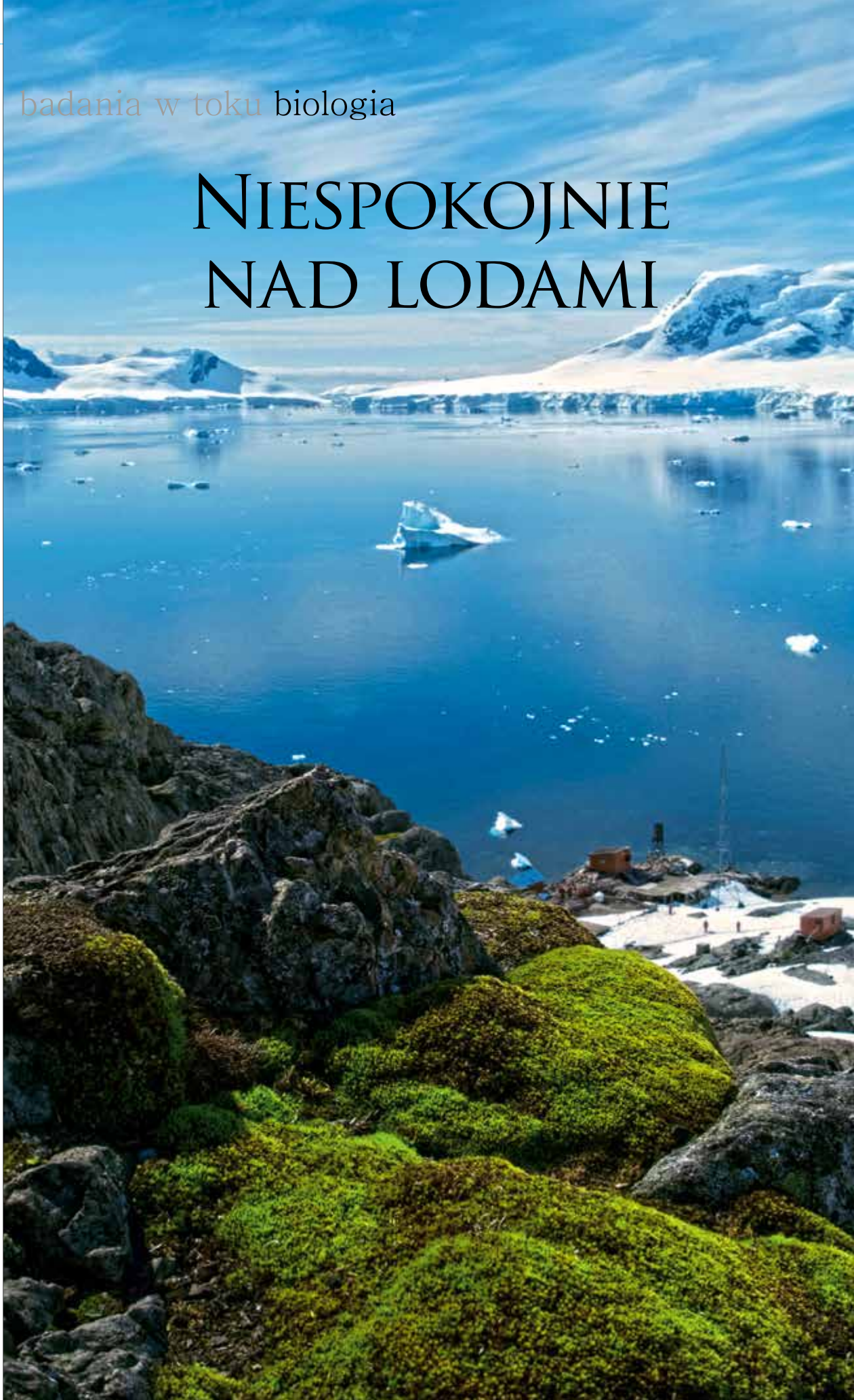
kchwedorzewska@go2.pl



**Dr inż. Małgorzata
Korczak-Abshire**

jest adiunktem
w Zakładzie Biologii
Antarktyki IBB PAN.
Członkini Komitetu
Badań Polarnych
przy Prezydium PAN
oraz przedstawiciel
Polski w Komitecie
Naukowym
ds. Zachowania
Żywych Zasobów
Morskich Antarktyki.
Zajmuje się badaniem
populacji gatunków
wskaźnikowych
zależnych
od antarktycznego
kryla.

mka@ibb.waw.pl



BE&W

Trudno sobie wyobrazić kontynent bardziej osobliwy niż Antarktyka. Szczególnie że pod wpływem zmian klimatycznych ten kiedyś wyjątkowo niegościnnie ekosystem staje się coraz bardziej zielony.

dr hab. inż.

Katarzyna J. Chwedorzewska,
dr inż.

Małgorzata Korczak-Abshire,
dr inż. **Anna Zmarz**

Institut Biochemii i Biofizyki
Polska Akademia Nauk, Warszawa (1, 2)
Uniwersytet Warszawski (3)

Rozpad superkontynentu Gondwany zakończony ok. 41 mln lat temu powstaniem Cieśniny Drake'a ostatecznie oddzielił Antarktykę od Ameryki Południowej. Izolację przestrzenną pogłębiło pojawienie się wokół tego kontynentu cyrkulacji oceanicznej zwanej Antarktycznym Prądem Okołobiegunowym, który płynie między 40. a 56. stopniem szerokości geograficznej południowej. Ograniczył on wymianę termiczną z resztą świata, wpływając znacznie na ochłodzenie tego rejonu.

Na warunki klimatyczne Antarktyki wpływa jednak przede wszystkim jej położenie geograficzne – im dalej na południe, tym mniejszy kąt padania promieni słonecznych. Dodatkowo praktycznie cała powierzchnia kontynentu jest pokryta śniegiem i lodem, które ze względu na wysokie **albedo** tylko w niewielkiej części absorbują promieniowanie słoneczne, a znaczna część docierającej na powierzchnię energii zużywana jest w procesie topnienia.

Jest zimno i ubogo...

Kontynent antarktyczny pokrywa czapa lodowa o średniej grubości 2 km, przez co jest to najwyższy kontynent na Ziemi. Rzeźba terenu sprawia, że powietrze przemieszcza się z najwyższych partii lądolodu ku niższej położonym wybrzeżom. W obniżeniach lądolodu w wyniku efektu tunelowego następuje nasilenie wiatrów spadowych, które mogą osiągać ogromną prędkość – nawet powyżej 40 m/s. Pod wpływem **siły Coriolisa** wiatry te zmieniają kierunek, tworząc front polarny. On zaś w połączeniu z Prądem Okołobiegunowym praktycznie uniemożliwia wymianę ciepłą pomiędzy Antarktyką a pozostałą częścią Ziemi. Wszystko to sprawia, że Antarktyda to najzimniejszy obszar świata. W lecie temperatury wynoszą

średnio od ok. -30°C wewnątrz kontynentu do -4°C w rejonach położonych bliżej morza, a zimą osiągają odpowiednio minimum -70°C i -25°C . Antarktyda jest także kontynentem suchym – średnia roczna suma opadów wynosi około 166 mm, osiągając najwyższe wartości w rejonie Półwyspu Antarktycznego (600–700 mm) i malejąc ku wnętrzu kontynentu nawet do poniżej 50 mm. Praktycznie w całej Antarktyce woda dostarczana jest do ekosystemu w postaci śniegu. Niska temperatura i małe parowanie powodują, że w powietrzu jest niewiele wilgoci. Dlatego też dla wielu organizmów żywych barierą nie do pokonania jest nie tyle fizyczna, ile ekologiczna izolacja tego kontynentu, jaką stanowią ekstremalne warunki panujące w jego środowisku lądowym. Jednak nawet w tak niekorzystnych warunkach rozwinęło się życie, choć jego występowanie ogranicza się do małych obszarów wolnych od lodu, stanowiących zaledwie około 0,34% ($<50000\text{ km}^2$) całego obszaru Antarktyki. Fauna i flora koncentruje się przede wszystkim na wąskich pasach wybrzeża. Są one od siebie oddalone nawet o setki kilometrów, za co odpowiedzialne są kolejne zlodowacenia na przestrzeni ostatniego miliona lat. Zatem ekosystemy tam rozwijające się mają charakter wyspowy.

Czynnikiem limitującym występowanie organizmów lądowych są także słabo wykształcone gleby, z niską zawartością materii organicznej i składników odżywczych. Dominują tu gleby kriogeniczne, gdzie utrzymuje się wieczna zmarzlina. Zdarzają się – charakterystyczne dla rejonów antarktycznych, występujące na terenach kolonii lęgowych pingwinów – ornitogenne. Gleby antarktyczne są często ekspozowane na cykliczne zamarzanie i rozmarzanie (krioturbacje), co w kombinacji z wieczną zmarzliną powoduje, że są bardzo niestabilne. To zaś wpływa znacząco na możliwości osiedlania się i przetrwanie organizmów żywych.

Ekosystemy lądowe Antarktyki zależą w dużej mierze od dopływu materii organicznej, biogenów i soli mineralnych z morza. Głównym ich źródłem jest gano ptaków morskich gniazdujących na lądzie, przede wszystkim pingwinów, ale również wychodzących na ląd ssaków płetwonogich i wnoszonych na brzeg plechy makroglonów. Jednak dystrybucja biogenów na lądzie jest bardzo nierównomierna, często w niewielkiej odległości mogą występować obszary przeżyźnione, jak i skrajnie ubogie.



Dr inż. Anna Zmarz

jest adiunktem w Zakładzie Geoinformatyki, Kartografii i Teledetekcji UW. Zaangażowana w realizację projektu „Nowe podejście do problemu monitorowania wpływu zmian klimatycznych na ekosystemy Antarktyki”.

azmarz@uw.edu.pl

SŁOWNICZEK:

albedo (łac. białość)

– wielkość charakteryzująca zdolność odbijania promieniowania przez daną powierzchnię

siła Coriolisa

– siła bezwładności wywołana obrotowym ruchem Ziemi z zachodu na wschód oraz różnicą prędkości liniowych punktów położonych na różnych szerokościach geograficznych

Przez ostatnich 30 mln lat w Antarktyce wiele organizmów wyginęło podczas kolejnych zlodowaceń. Z kolei występujące wokół Antarktyki cyrkulacje morskie i atmosferyczne spowodowały, że organizmy, które przetrwały, rozwijały się w izolacji. W rezultacie lokalna flora i fauna charakteryzuje się ubóstwem gatunkowym, ale jednocześnie wysoką liczbą gatunków endemicznych.

W wolnych od lodu rejonach morskiej Antarktyki rozwija się uboga gatunkowo tundra, złożona prawie wyłącznie z organizmów zarodnikowych: porostów, glonów, mszaków i wątrobowców. Występują tu tylko dwa gatunki roślin kwiatowych: *Deschampsia antarctica* Desv. (*Poaceae*) i przedstawiciel goździkowatych *Colobanthus quitensis* Bartl. (*Caryophyllaceae*). Równie uboga jest fauna lądowa tego obszaru, na którą składają się dwa gatunki muchówek (*Chironomidae*): *Parochlus steinenii* do 62°37'S i *Belgica antarctica*, które występują do 68°17' szerokości geograficznej. Żadnemu z tych gatunków nie udało się przekroczyć 69°.

Fundamentalne znaczenie dla antarktycznych organizmów lądowych mają trzy elementy: temperatura, dostępność wody niezwiązanej w postaci lodu oraz promieniowanie słoneczne. Nawet niewielkie zmiany któregoś z tych czynników mogą mieć ogromne biologiczne konsekwencje.

...będzie trudna zmiana

Zachodnia część Półwyspu Antarktycznego jest jednym z najszybciej ocieplających się rejonów Ziemi. Choć ostatnio obserwuje się znaczne spowolnienie tych zmian, to odcisnęły one w ekosystemach antarktycznych swoje piętno. Jedną z konsekwencji jest wzrost liczby dni w roku z temperaturami powyżej zera. Przyspiesza to wiosenne roztopy, opóźnia jesienne mrozy i w efekcie powoduje wydłużenie letniego okresu fizjologicznej aktywności wielu organizmów. Sprawia także, że lodowce i pokrywa śnieżna szybciej topnieją, a więc niezwiązana woda jest w ekosystemie bardziej dostępna. Efektem jest wzrost ilości opadów, które coraz częściej zaczynają występować w postaci deszczu, czyli w formie natychmiast przyswajalnej przez organizmy żywe. Jednocześnie zwiększa się tempo wytapiania się wody ze śnieżników i z lodowców, przyspieszając znacząco recesje tych ostatnich. Może to w konsekwencji prowadzić do szybszego wyczerpywania się zapasów wody w ekosystemach lądowych i powodować lokalne susze, szczególnie pod koniec sezonu letniego. Wzrost temperatury zimą może zaś prowadzić do okresowych roztopów, a następnie do tworzenia się skorupy lodowej na powierzchni gleby, co wpływa bardzo negatywnie na rośliny i wiele organizmów glebowych.

Kolejnym problemem jest pojawianie się podczas antarktycznej wiosny dziury ozonowej, powodującej wzrost natężenia promieniowania ultrafioletowego.

Najbardziej intensywne promieniowanie pojawia się na początku lata antarktycznego, kiedy to organizmy lądowe nie są jeszcze w pełni fizjologicznie aktywne i nie mogą odpowiednio szybko uruchomić mechanizmów obronnych. Potencjalny wpływ wzrostu intensywności promieniowania UV-B jest modulowany przez wiele czynników, takich jak zamurzenie, albedo czy kąt padania promieni słonecznych, a w mikroskali nawet grubość pokrywy śnieżnej. Najobszerniej badany był wpływ promieniowania UV na rośliny kwiatowe. Udowodniono, że wzrost jego natężenia powodował u nich uszkodzenia DNA, upośledzenie aparatu fotosyntetycznego, wpływał także na skład jakościowy i ilościowy pigmentów, co prowadziło do zmian morfologicznych, anatomicznych itp.

Najlepszym przykładem efektów zmian klimatycznych na obszarze morskiej Antarktyki jest wzrost liczebności populacji i przesunięcie zasięgów roślin kwiatowych *Deschampsia antarctica* i *Colobanthus quitensis*. Wzrost temperatury przyspiesza uwalnianie azotu poprzez szybszą dekompozycję materii organicznej w glebie. Azot stymuluje intensywność fotosyntezy u roślin, co w rezultacie prowadzi do wzrostu produkcji ich biomasy. W następstwie tych przemian rośliny antarktyczne zmieniają strategię rozrodczą: produkują więcej nasion, z których powstaje więcej siewek o wyższej przeżywalności. Oznacza to także istotny wzrost liczby nasion w stanie spoczynku, tworzących tzw. bank nasion w glebie. Gatunki te nie tylko gwałtownie rozprzestrzeniają się w całej morskiej Antarktyce, ale również wkraczają w nowe siedliska. Podobne zmiany można zaobserwować także u wielu gatunków mchów.

Tak gwałtowny wzrost populacji niektórych gatunków prowadzi do nieodwracalnych zmian bioróżnorodności w całych zbiorowiskach oraz do powstawania zbiorowisk nowych, szczególnie na ogromnych połaciach jałowego lądu uwalnianych przez cofające się lodowce. Są one bardzo szybko kolonizowane, stopniowo wkraczają na nie organizmy pionierskie, następnie wykształcają się bardziej złożone zbiorowiska, które z czasem rozwijają się i ewoluują.

Najpoważniejszą konsekwencją ocieplenia się klimatu w zachodniej Antarktyce jest pojawienie się gatunków obcych, mogących szybko przystosować się do zmieniających się warunków, rozpoczynając kolonizację Antarktyki. Mogą wchodzić w interakcje z gatunkami rodzimymi, które długo ewoluowały w izolacji, by przystosować się do specyficznych warunków klimatycznych i nie są w stanie dostosować się ani do tak nagłych wahań klimatu, ani do konkurencji ze stromy agresywnych przybyszów.

KATARZYNA J. CHWEDORZEWSKA
 MAŁGORZATA KORCZAK-ABSHIRE
 ANNA ZMARZ

Chcesz
 wiedzieć więcej?

Chwedorzewska K.J., Korczak M. (2010). Human impact upon the environment in the vicinity of Arctowski Station, King George Island, Antarctica. *Polish Polar Research* 31 (1): 45–60.

Goetzendorf-Grabowski T., Rodzewicz M. (2015). Design of UAV for photogrammetric mission in Antarctic area. *Challenges in European Aerospace*. 5th CEAS Air & Space Conference CEAS 21: 1:11.

Zmarz A., Korczak-Abshire, M., Storbvold R., Rodzewicz M. and Kędzierska I. (2015). Indicator species population monitoring in Antarctica with UAV. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. XL-1/W4: 189–193.

Zmarz A., Korczak-Abshire M., Chwedorzewska K. (2015). Morze widziane z nieba. *Academia. Magazyn PAN* nr 1 (41):48–49.