

Czy w temperaturze -50°C istnieje życie?
Jakie najniższe temperatury zostały
odnotowane na Antarktydzie?
Na te i inne pytania odpowiedź
znajdziemy w poniższym tekście.

ŁODOWE SKRAJNOŚCI



ANTARKTYDA I ANTARKTYKA



Stanisław Rakusa-Suszczewski

Profesor nauk przyrodniczych, polski biolog, oceanolog, polarnik, współtwórca polskiego programu polarnego, założyciel Polskiej Stacji Antarktycznej im. Henryka Arctowskiego na Wyspie Króla Jerzego w Zachodniej Antarktyce, członek korespondent Polskiej Akademii Nauk.

rakusa.suszczewski@gmail.com

Polska Stacja Antarktyczna im. Henryka Arctowskiego na Wyspie Króla Jerzego w zachodniej Antarktyce.

prof. Stanisław Rakusa-Suszczewski

profesor emeritus Zakładu Biologii Antarktyki
Polskiej Akademii Nauk

Antarktydą nazywamy obszar kontynentu na półkuli południowej o powierzchni ponad 14 mln km² pokrytej lodem. Zaledwie 1500 km wybrzeża stanowią skały i brzegi oaz, resztę prawie 18 tys. stanowi lód. Średnia wysokość kontynentu wynosi 2000 m n.p.m., ale stacja Vostok leży na 3488 m n.p.m., zaś stacja Scott-Amundsen na biegunie geograficznym 2835 m n.p.m. Kontynent otaczają trzy oceany o powierzchni około 50 mln km² zamykające Antarktykę linią konwergencji. Konwergencja jest rejonem pograżania się zimnych wód powierzchniowych o większej gęstości pod cieplejsze wody subpolarne, gdzie panuje wysokie ciśnienie baryczne. Utrzymująca się różnica ciśnień w rejonie konwergencji wysoka i w strefie dywergencji, położonej bliżej kontynentu, niska wywołuje różnicę poziomu wód i jest powodem ich przemieszczania się od kontynentu na północ oraz powrotu w warstwach głębszych na południe. Wokół kontynentu płynie na wschód prąd zwany Dryfem Wiatrów Zachodnich. Przy brzegach kontynentu występuje przeciwny do kierunku Prąd Wiatrów Wschodnich. Cechy te określają panującą w Antarktyce temperatury. Temperatura ma znaczenie dla procesów fizycznych, chemicznych i biologicznych w skali globalnej i lokalnej, a dla żyjących organizmów na poziomie fizjologicznym i molekularnym. W Antarktyce różnice temperatur środowi-

ska lądowego i wodnego wskazują na występowanie organizmów przystosowanych do warunków eurytermicznych, czyli przystosowanych do życia w szerokim zakresie temperatur, organizmów stenotermicznych, przystosowanych do małych wahań oraz hypostenotermicznych, przystosowanych do stałej temperatury, nieodpornych na jej wahania, jak jest to przy brzegach kontynentu i pod szelfowymi lodowcami.

Kontynent

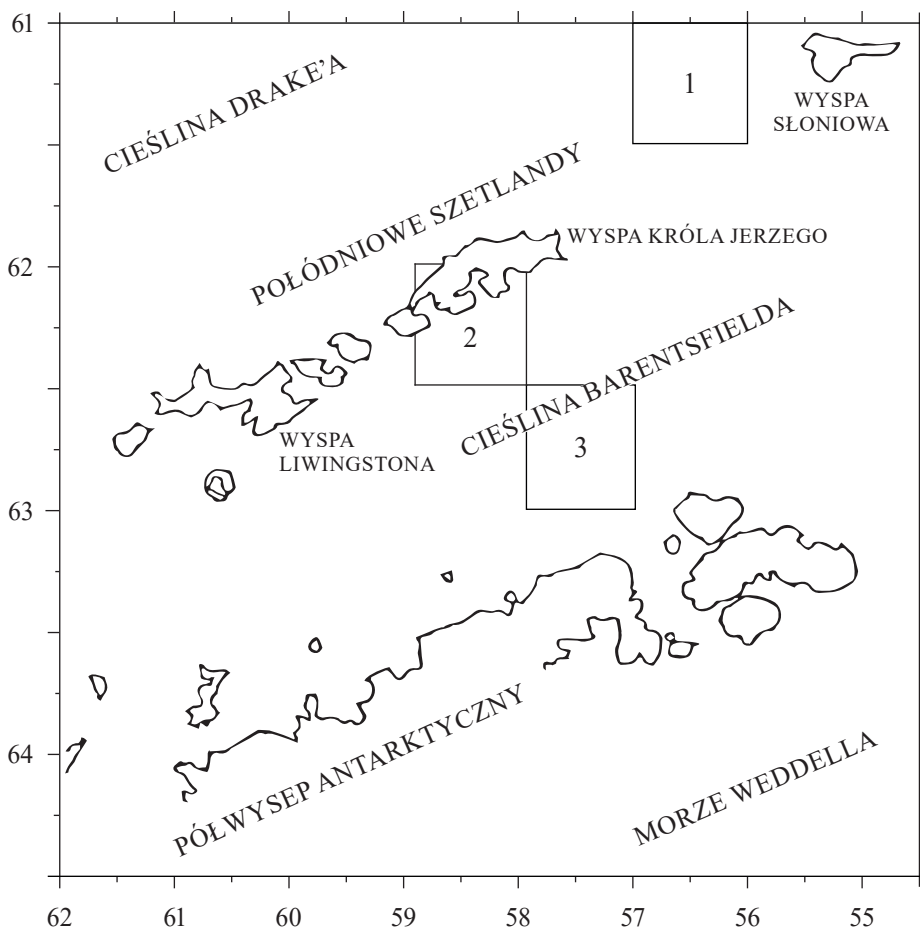
Na stacji kontynentalnej Vostok w roku 1983 zanotowano $-89,2^{\circ}\text{C}$. Szacuje się, że może ona spaść nawet do $-96,0^{\circ}\text{C}$. Najwyższa temperatura wynosiła tam $-13,6^{\circ}\text{C}$. Najnowsze badania z użyciem satelitów wykazały, że temperatura w centralnej części Antarktydy w zagłębieniach powierzchni lodu, przy bardzo małej wilgotności i dużym albedo (przy dużej ilości promieniowania słonecznego odbitego od powierzchni) spada do -100°C , co jest najniższą temperaturą notowaną na Ziemi. Równocześnie czarne skały mogą nagrzewać się do kilkudziesięciu stopni. Różnice są ogromne. Pod stacją Vostok i warstwą lodu o grubości 4000 m znajduje się wielkie jezioro o tej samej nazwie, w którym woda słodka jest przetleniona jako efekt ogromnego ciśnienia lodu i ma temperaturę $-3,0^{\circ}\text{C}$. Wiele wskazuje na istnienie tam mikroorganizmów izolowanych od powierzchni ziemi przez około 0,5 do 1 mln lat. W rdzeniach lodowych stwierdzono DNA bakterii.

Obecnie odkryto ponad 300 jezior kontynentalnych, połączonych siecią rzek pod lodowych o okresowych „katastroficznych” przepływach. Jednym z najdziwniejszych jest Don Juan znajdujące się w tak zwanych Suchych Dolinach na Ziemi Wiktorii. Je-



EVENFH/SHUTTERSTOCK

PROF. STANISŁAW RAKUSA-SUSZCZEWSKI



Pomiary temperatury wody morskiej w rejonie Szetlandów Południowych były wykonane w trakcie polskich wypraw statku „Profesor Siedlecki” w trzech rejonach: pomiędzy Wyspą Króla Jerzego i Wyspą Stoniową (rejon 1), w północnej części Cieśniny Bransfielda i Zatoce Admiralicji (rejon 2) oraz w centralnej części Bransfielda (rejon 3) do głębokości 500 m w okresie wiosny i lata. Dla rejonu 1 na powierzchni w badanym okresie temperatura wahała się od $-1,7$ do $+2,0^{\circ}\text{C}$, na głębokości 500 m od $-0,2$ do $+1,7^{\circ}\text{C}$. W rejonie 2 na powierzchni $-1,8$ do $+1,8^{\circ}\text{C}$, a na 400 m od $-1,1$ do $0,2^{\circ}\text{C}$, w rejonie 3 na powierzchni od $-1,7$ do $1,4^{\circ}\text{C}$, a na głębokości 500 m od $-1,0$ do $-0,5^{\circ}\text{C}$. Rejon 1 na skraju szelfu i Cieśniny Drake'a był najcieplejszy. Do Zatoki Admiralicji napływają wody z zachodu i Cieśniny Drake'a.

ziorko jest słone, bogate w chlorek wapnia, płynne o temperaturze -50°C . Cechy, które posiada, według niektórych badaczy mogą występować na Marsie.

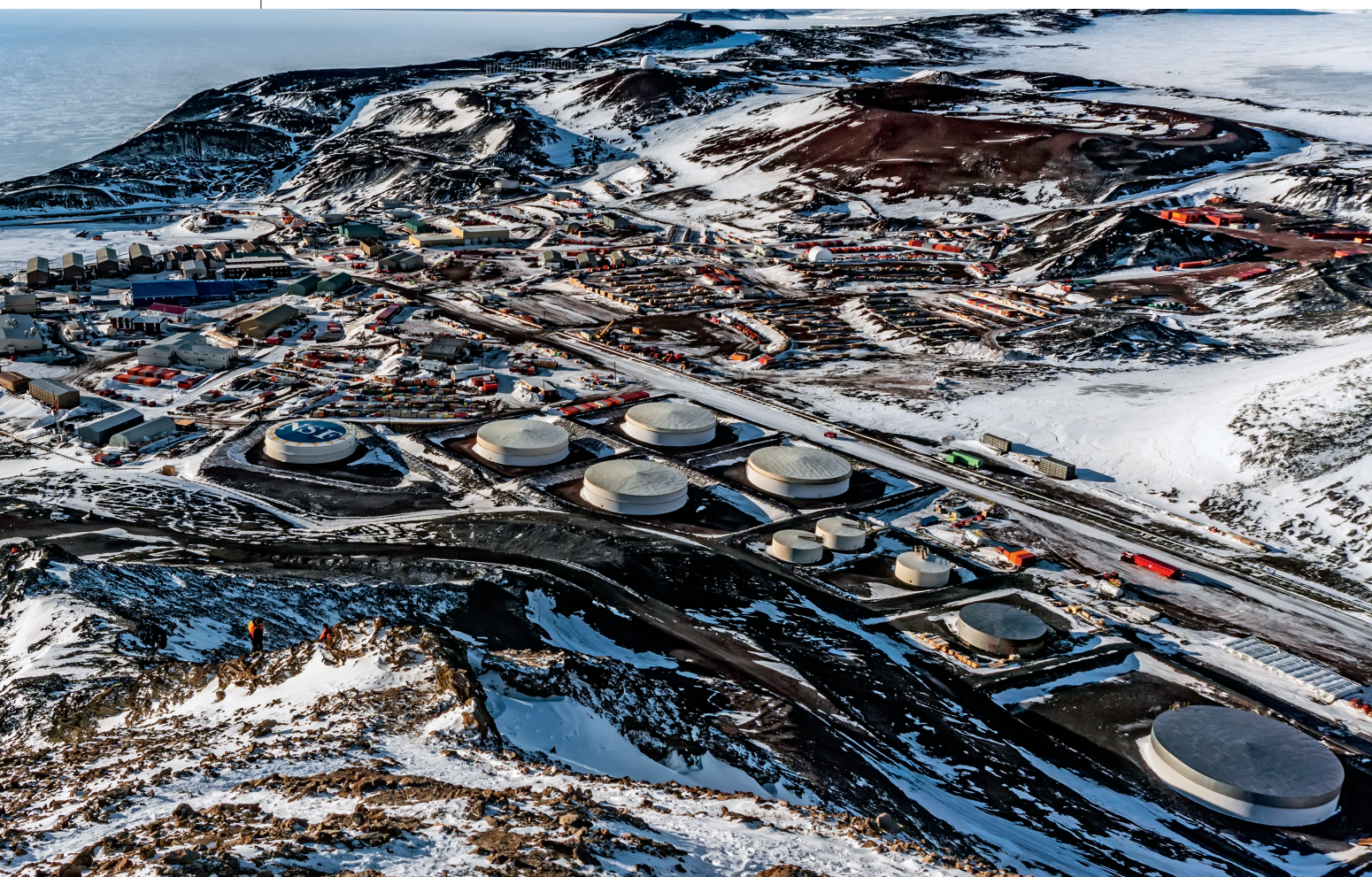
Zaskakujące wybrzeże

Klimat wschodniej Antarktydy na brzegach kontynentu uwarunkowany jest przez kopułę lądolodu i sąsiedztwo morza. W ciągu całego roku występują tam ujemne temperatury powietrza, średnia roczna wynosi w rejonie stacji Mołodiożnaja -11°C , a wartości absolutne od $+9^{\circ}\text{C}$ do -42°C . W oazie Thala Hills występuje około 40 zbiorników słodkowodnych o głębokości od kilkunastu centymetrów do 2-3 m pokrytych lodem przez 10 miesięcy i zamarzających do dna, ale latem temperatura sięgała w nich, co obserwowałem, od $9,2^{\circ}\text{C}$ w płytkich kałużach naskalnych, do nawet ponad 20°C . Obecne tu duże jezioro zwane „Głębokoje” o głębokości 30 m rozmarza latem przy skalnym brzegu, w którym temperatury sięgają 5°C , na dnie jeziora temperatura ma 4°C . Po przepelnieniu się misy jeziora wodą następuje co parę lat jej katastroficzny odpływ do morza. W wodzie występują sinice, a z fauny wrotki nicienie i niesporczaki. Jedynie w dużych jeziorach Oazy Bungera stwierdzono dwa gatunki widłonogów. Badania jeziora w oazie Thala

Hills prowadzone przeze mnie w roku 1969 wykazały wzrost ciśnienia wody przy zamarzaniu, przetlenienie i katastroficzne przepływy, co jest podobne do podlodowych jezior odkrytych w głębi kontynentu Antarktydy w ciągu ostatnich 20 lat.

Temperatura wody morskiej przy brzegu oazy Thala Hills w rejonie Ziemi Enderby wahała się, jak stwierdziłem, od $-1,6^{\circ}\text{C}$ w grudniu 1971 r. do $-0,05^{\circ}\text{C}$ w styczniu 1972 r. Zimą temperatura w strefie litoralu zmieniają się w niewielkim stopniu i oscylują koło $-1,8^{\circ}\text{C}$. Zimą największe znaczenie miały niże baryczne, które zasysają nieco cieplejszą wodę głębszą pod powierzchnię pokrytą lodem.

Po przeciwnej stronie kontynentu w cieśninie McMurdo i pod lodowcem szelfowym Rossa wody mają temperaturę ujemną i roczne wahania nie przekraczają $0,2^{\circ}\text{C}$. Są to warunki moim zdaniem hypostenotermiczne, co ma wpływ na żyjące tam organizmy. Pod szelfowymi lodowcami temperatura wody może być niższa niż $-1,9^{\circ}\text{C}$, lecz wzrasta wtedy jej zasolenie i gęstość, co powoduje jej spływanie na dno morza. Na wyspie Rossa istnieją też wulkany Erebus (3794 m n.p.m.) i Terror, z których pierwszy jest czynny. Tak wysokie góry pokryte lodem oraz aktywność wulkaniczna wpływają na skrajne zróżnicowanie temperatur w tym rejonie. W istniejących tu jaskiniach



COLIN HARNISH/SHUTTERSTOCK

Stacja McMurdo
na Antarktydzie.

podlodowych temperatury są bliskie 0°C , co sprzyja występowaniu nawet grzybów i unikatowych chemolithoautotroficznych bakterii, które do odżywiania wykorzystują pierwiastki znajdujące się w skałach.

Wyspa Króla Jerzego

Stacja Arctowskiego położona jest na wyspie King George w archipelagu Szetlandów Południowych w zachodniej Antarktyce. Pomiar w ciągu dziesięciolecia 1978–1987 wykonane na stacji Arctowskiego osiem razy na dobę przez licencjonowanych obserwatorów IMGW dały średnią temperaturę powietrza $-1,8^{\circ}\text{C}$, w kolejnych latach zaś wahała się ona od $-0,9^{\circ}\text{C}$ w 1979 i $-0,6^{\circ}\text{C}$ w 1985, do $-2,8^{\circ}\text{C}$ w 1986 r. Pierwsza dla tego rejonu analiza danych meteorologicznych dokonana przez Martianova i mnie sygnalizowała trend wzrostu temperatur o $0,2^{\circ}\text{C}$ do $0,6^{\circ}\text{C}$ względem ubiegłych dekad. W tym samym okresie na stacji Bellingshausen średnia temperatura powietrza była $-2,4^{\circ}\text{C}$. Temperatury minimalne były niższe na Arctowskim ($-32,3^{\circ}\text{C}$) niż na Bellingshausenie ($-27,4^{\circ}\text{C}$), zaś maksymalne wyższe, odpowiednio $+16,7^{\circ}\text{C}$ i $12,4^{\circ}\text{C}$. Skrajne różnice temperatury na

Arctowskim wynoszą $49,0^{\circ}\text{C}$. Zatoka Admiralicji jest otoczona wysokimi wzgórzami i otwarta na południe, co powoduje, że docierają tu zimne masy powietrza z południowego wschodu i tu zalegają, latem zaś ten rejon jest generalnie pod wpływem wiatrów zachodnich (ciepłych i suchych), na temperaturę ma również wpływ większe promieniowanie słoneczne przy mniejszym niż na stacji Bellingshausen zachmurzeniu. Bellingshausen położony jest na niskim półwyspie pomiędzy Cieśniną Drake i Bransfielda.

Temperatura gleby na stacji Arctowskiego w latach 1977–1999 średnio wynosiła $+0,5^{\circ}\text{C}$, a powietrza $-1,6^{\circ}\text{C}$. Na 100 cm głębokości stwierdzono wzrost temperatury o $0,03^{\circ}\text{C}$ na rok. Najwyższa temperatura na powierzchni gleby w słoneczny dzień wynosiła $17,8^{\circ}\text{C}$, najniższa w beznieźnym obszarze $-8,9^{\circ}\text{C}$. Czas ujemnych temperatur (od $-0,1^{\circ}\text{C}$ do $-8,0^{\circ}\text{C}$) na powierzchni trwał 192 dni, zaś temperatury dodatnie (od $0,1^{\circ}\text{C}$ do 16°C) stwierdzono przez 35 dni. Płytkie zbiorniki na Szetlandach Południowych w sąsiedztwie stacji Arctowskiego mogą nagrzewać się do 14°C latem, a zimą przemarzać do dna. Wiele z nich zasilają sole biogeniczne z pobliskich kolonii pingwinów, co powoduje ogromne zakwit glonów *Chlorelli*. Liczne

PROF. STANISŁAW RAKUSA-SUSZCZEWSKI

Stacje badawcze
w Antarktyce.

kolonie pingwinów również modyfikują w małej skali temperatury środowiska lądowego. Faunę wodną reprezentują tu wrotki, nicienie, niesporczaki, widłonogi i skrzepłopyłki, a lądową liczne tu skoczogonki. Wysoko nad stacją notowano 15,2°C, a nad brzegiem w tym czasie 7,0°C, co świadczy o stabilizującym wpływie wód Zatoki Admiralicji.

Najwyższe temperatury wody morskiej w rejonie Szetlandów Południowych występują lokalnie w kalderze wyspy Deception, osiągając kilkadziesiąt stopni, co jest efektem aktywnej działalności wulkanicznej ku radości kąpiących się tu turystów.

Prace Instytutu Scrippsa w Kalifornii wskazują na oddziaływanie zjawiska El Niño również na szelfowe lodowce Antarktydy, które zyskują masę na powierzchni w wyniku opadów śniegu, lecz tracą pięciokrotnie więcej w wyniku topienia lodu od spodu. 2015 był najcieplejszym rokiem El Niño. El Niño ma, jak wykazano, wpływ na biomasę kryla w rejonie południowej Georgii, a to decyduje o migracji uchatek w rejon Półwyspu Antarktycznego i ich wahania liczebności w rejonie King George. Różnice w średnich rocznych wahaniami obserwowanych na stacji Arctowskiego odpowiadają pięcioletnim lub bliskim

cyklom występowania El Niño. Wydaje się, że istnieje związek pomiędzy El Niño a wzrostem średnich temperatur na stacji Arctowskiego w latach 1983, 1987, 1993 i 1998 oraz opadami śniegu. Przy ogólnej tendencji ocieplania się, o czym donosi międzynarodowy raport o stanie klimatu z roku 2017, i wzroście temperatury w skali globalnej do 1,5–1,8°C w ciągu wieku, różnice temperatury obserwowane na stacji Arctowskiego upoważniają jedynie do wnioskowania o lokalnych zmianach klimatycznych w tym rejonie. Ma to istotne znaczenie przy rozważaniach o usytuowaniu stacji Arctowskiego i planach jej restauracji. Podnoszony jest problem wzrostu poziomu morza i zagrożenie dla pomieszczeń usytuowanych blisko brzegu Zatoki Admiralicji. Jeśli poziom mórz wzrasta o 3 mm rocznie, a wynurzanie się izostyczne wyspy King George z powodu ubytku na niej lodu, jak stwierdzono wynosi 7 mm rocznie, to nie ten proces jest zagrożeniem. Mogą nim być zmiany linii brzegowej w Zatoce Admiralicji wywołane czynnikami hydrologicznymi, jak prądy wiatrowe, pływowe oraz falowanie, co zależy od czynników atmosferycznych.

STANISŁAW RAKUSA-SUSZCZEWSKI

Chcesz wiedzieć
więcej?

Rakusa-Suszczewski S. (2015). Polskie badania limnologiczne w oazie Thala Hills (Enderby Land) w roku 1996. *Kosmos* 64, 1:185–190.

Salwicka K., Rakusa-Suszczewski S. (2002). Long-term monitoring of Antarctic pinnipedes in Admiralty Bay. (South Shetlands, Antarctic). *Acta Theriologica* 47 (4) 443–457.

Zwolska I., Rakusa-Suszczewski S. (2002). Temperature as an environmental factor in the Arctowski station area (King George Is., South Shetlands Iss.). *Geographia Polonica* vol. 75.