

STANISŁAW RAKUSA-SUSZCZEWSKI

E-mail: rakusa.suszczewski@gmail.com

POLSKIE BADANIA LIMNOLOGICZNE W OAZIE THALA HILLS (ENDERBY LAND) W ROKU 1969

WSTĘP

Początek XXI w. jest prawdopodobnie ostatnim okresem wielkich geograficznych odkryć na świecie związanych z kontynentem Antarktydy. Szósty kontynent jest obszarem o powierzchni ponad 14 milionów km² i średniej wysokości około 2000 m n.p.m., pokrytym czapą lodową grubości sięgającej niekiedy ponad 4000 m. Objętość lodu oblicza się na ponad 30 milionów km³. Wolne od pokrywy lodowej obszary stanowią ułamek procenta powierzchni i przyjęło się je nazywać oazami, ze względu na istnienie w nich wody w stanie płynnym, wypełniającej jeziora i zbiorniki. Oaz na Antarktydzie jest około 20; przeważająca część leży na skraju kontynentu tworząc około 8% linii brzegowej. Oazy różnią się od lodowej pustyni kontynentu lokalnym klimatem, skalistą rzeźbą terenu i obecnością często licznych jezior, płytkich zbiorników i strumieni pojawiających się na krótko w okresie lata. Wiek oaz określa się na kilka do kilkunastu tysięcy lat, a ich powstanie wiąże się z regresją zlodowacenia. Niezwykle odkrycia geograficzne początku XXI w. dotyczą jednak głównie jezior i cieków wodnych pod powierzchnią trwałej pokrywy lodu Antarktydy. Pierwszym, który sygnalizował istnienie wielkiego jeziora Wostok w centralnej części wschodniej Antarktydy był Rosjanin Andrej Kapica. Informację tę przedstawił On na konferencji SCAR w Cambridge w 1994 r. Byłem tam wtedy obecny i pamiętam ogromne poruszenie wywołane tym odkryciem. Przekonanie o istnieniu jeziora podzielał również Gordon Robin, dyrektor Instytutu Polarnego im. Roberta Scotta w Cambridge. Obu Panów znałem. Byłem też świadkiem wierceń na stacji Wostok

oraz stypendystą SPRI (Instytutu R. Scotta). Na istnienie jeziora wskazywały badania sejsmiczne, sondáže radarowe i obraz płaskiego obszaru lodu widzianego z satelity, odpowiadającego powierzchni jeziora. Oszacowano ją na 14000 km², zaś objętość jeziora na około 6000 km³, co czyni je szóstym co do wielkości, słodkowodnym jeziorem Świata. Obecnie, po okresie 20 lat intensywnych badań, liczbę podlodowych jezior Antarktydy ocenia się na kilkaset. Najbardziej znane i największe to jeziora: Wostok, o wymiarach 250 km na 50 km i głębokości 670–800 m, oraz jeziora Ellsworth, Sowietkaja, jezioro 90°E i Concordia. Woda w nich izolowana jest setki tysięcy lat od współczesnego środowiska, ponieważ przykrywa je czapa lodowa, która w rejonie rosyjskiej stacji Wostok wznosi do 3488 m nad poziom morza. Woda w leżącym pod nią jeziorze Wostok jest pod bardzo wysokim ciśnieniem dziesiątków czy setek atmosfer. Jej temperatura może być ujemna, a natlenienie wody bardzo wysokie. Wody jeziora mogą być też ogrzane w wyniku procesów geotermicznych lub zjawisk wulkanicznych. Sądzi się również, że między wieloma z jezior istnieją połączenia rzekami podlodowymi. W 2012 r. Rosjanie, jako pierwsi, ogłosili pobranie prób wody z jeziora Wostok, co było dużym sukcesem prowadzonych tam od kilkadziesiąt lat wierceń. W próbach z głębokości 3769,3 m pobranych w lutym 2012 r. nie stwierdzono jeszcze jednoznacznie obecności bakterii, jednak obecność w lodzie kwasu siarkowego, azotowego, mrówkowego i soli morskich, może stanowić dogodne środowisko dla oligotroficznych psychrofilii. Badania wód głębinowych prowadzone są także

przez Amerykanów, którzy dotarli do wody jeziora Whillans w rejonie na zachód od stacji McMurdo. Podobne wiercenia prowadzą Anglicy, Japończycy i Francuzi, spodziewając się znaleźć w wodach jezior podlodowych

życie sprzed milionów lat oraz ślady zmian klimatycznych w Antarktydzie zapisane w zalegającym nad jeziorami lodzie i w osadach dennych.

KLIMAT

Średnia roczna temperatura w głębi kontynentu Antarktydy wynosi około -55°C . Najniższą temperaturę zanotowano na stacji Wostok, która w zimie osiąga -89°C . Ponieważ Antarktyda leży za kręgiem polarnym na południowej półkuli, najzimniejszymi miesiącami jest lipiec i sierpień, najcieplejszymi grudzień i styczeń. U brzegów, w oazach antarktycznych, maksymalne temperatury powietrza w lecie bywają dodatnie, lecz średnie roczne utrzymują się stale poniżej zera. Dzięki czystości atmosfery i suchości klimatu, charakterystycznym, szczególnie dla wnętrza kontynentu, jest bardzo silne bezpośrednie promieniowanie Słońca. Skutkiem tego temperatura powierzchni skał i gruntu może wahać się od 35°C w ciągu dnia, a w styczniu

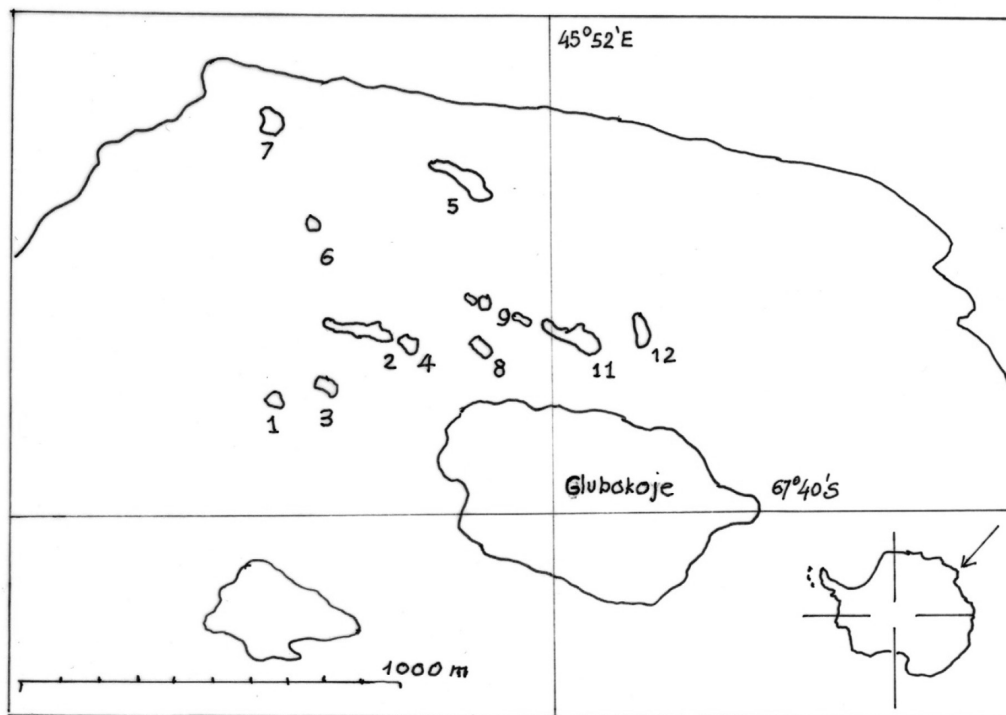
sięgać nawet 41°C , w nocy spadać zaś do -12°C . Dzięki temu bilans cieplny w oazach jest dodatni. Średnie temperatury miesięczne powietrza w oazie Thala Hills na Ziemi Enderby są ujemne, skrajne maksymalne mogą sięgać latem $+10^{\circ}\text{C}$. W 1969 r. średnia temperatura powietrza w styczniu wynosiła 0°C , w sierpniu -22°C . Przybrzeżne rejon Antarktydy są najbardziej wietrznym obszarem Ziemi. Wiatry wieją tu przez 220 dni w roku z prędkością przekraczającą 15 m/s i mają charakter wiatrów stokowych, wiejących regularnie, oraz nieregularnych, huraganowych wiatrów cyklonicznych. Wilgotność jest niska, średnio 50%, a może spadać do 10%. Opady wahają się w granicach 200–300 mm.

ZBIORNIKI WODNE OAZ

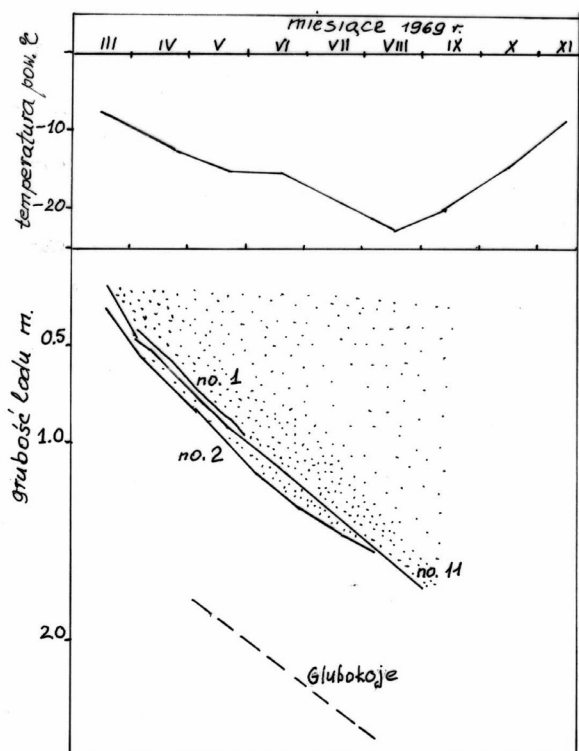
W przybrzeżnych oazach Antarktydy, zbiorniki wodne są liczne i względnie dobrze poznane. Część z nich utrzymuje pokrywę lodową w ciągu całego roku, część rozmarza. W niektórych przypadkach szelfowe lodowce graniczą z terenem oaz i oddzielają je od morza (przykładem jest tu jezioro Figurnoje w oazie Bungera w sąsiedztwie stacji A. B. Dobrowolskiego). W rezultacie takiej sytuacji jezioro ma słodką wodę na powierzchni i słoną, morską przy dnie, sięgającą brzegów oazy pod szelfowym lodowcem. Takie jeziora zostały opisane jako nowy typ limnologiczny, jeziora episzelfowe. Szczególnie jest jezioro Vanda w tak zwanej suchej dolinie Wrighta, zamrożone na powierzchni i o temperaturze 25°C wody przy dnie, na głębokości 70 m. Silnie zasolona warstwa wody pochłania ciepło słoneczne przez lód (WELLMAN i WILSON 1961/1962). Występuje tam również jezioro (Don Juan) niezamarzające zimą z powodu bardzo wysokiego zasolenia, o temperaturze wody dochodzącej do -48°C . Dużą grupę stanowią jeziora w oazach Schirmachera; w oazie Vestfold Hills jest 300 zbiorników wodnych o głębokości od 5 do 110 m, w tym wiele meromiktycznych o zasoleniu od 4 do

235 g/l i temperaturze od -14°C do 24°C . W przybrzeżnych oazach zbiorniki wodne położone są w skalnych misach terenu, z którego wycofały się lodowce po okresie większego zlodowacenia Antarktydy. Pokrywa lodowa w okresie lata taje częściowo lub całkowicie. Stratyfikacja termiczna w wyniku nagrzewania się wód powierzchniowych jest prosta, a zimą odwrócona, z temperaturą około 4°C przy dnie. Oddzielną grupę stanowią płytkie, kilkumetrowej głębokości zbiorniki; latem temperatury mogą w nich sięgać nawet kilkunastu stopni. Zimą przemarzają do dna lub prawie do dna. W Zachodniej Antarktyce na wyspach pochodzenia wulkanicznego istnieją szczególne jeziora. W kraterze wulkanu na wyspie Penguin w archipelagu Południowych Szetlandów znajduje się jezioro opisane po raz pierwszy w Antarktyce (RAKUSA-SUSZCZEWSKI i LIPSKI 1980), ze słoną wodą morską na dnie, beztlenowe, i ze słodką na powierzchni, zasiedloną przez fitoplankton i widłonogi.

Zbiorniki w rejonie oazy Thala Hills na Ziemi Enderby w Wschodniej Antarktydzie (Rys. 1) były obiektem badań przez pierwszą dwuosobową wyprawę polskich biologów dr



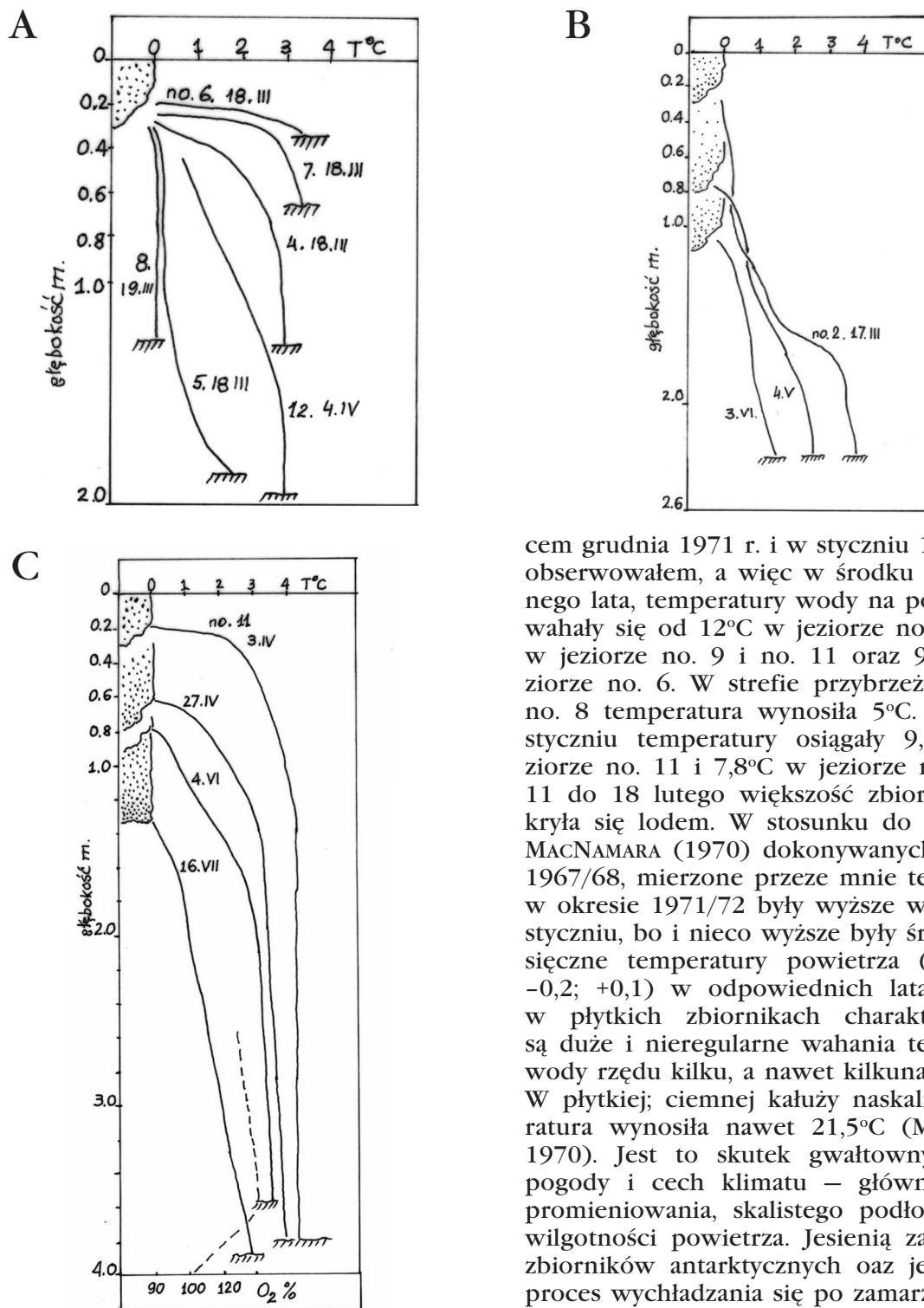
Ryc. 1. Mapa rozmieszczenia zbiorników badanych w oazie Thala Hills.



Ryc. 2. Średnie miesięczne temperatury powietrza i przyrost pokrywy lodowej w badanych zbiornikach wodnych.

S. Rakusa-Suszczewskiego i mgr K. Opalińskiego z Instytutu im. M. Nenckiego PAN w 1969 r. oraz ponownie w sezonie 1971/72. Pobyt na stacji Molodzioznaja pozwolił na zebranie materiałów i opracowanie przez Polaków flory i fauny miejscowych zbiorników (OPALIŃSKI 1972, STARMACH 1995). Stratyfikacja termiczna i reżim lodowy zbiorników w oazie Thala Hills nie był dotychczas opisany i prezentowane tu wyniki są oryginalne. Fragmenty tekstu były częściowo opublikowane w piśmie Akademia (RAKUSA-SUSZCZEWSKI 2013), lecz nie zawierał on wyników naszych pomiarów, które stanowią wartość historyczną, bo były wykonane 45 lat temu. Mogą one posłużyć do śledzenia zmian hydrologicznych i klimatycznych zachodzących w oazie. Są również ilustracją podobieństwa procesów w podlodowych jeziorach kontynentalnych.

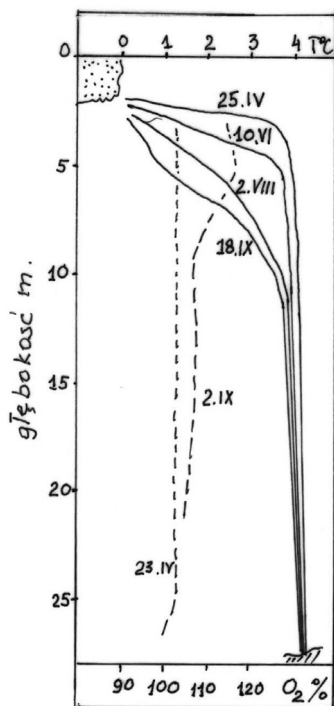
W oazie Thala Hills znajduje się 50–60 zbiorników wodnych o różnej głębokości, od kilkudziesięciu centymetrów do 2–3 m, przemarzających niekiedy do dna, oraz duże jezioro „Glubokoje” o głębokości 30 m. Pokrywa lodowa w płytkich zbiornikach utrzymuje się około 10 miesięcy w roku. Rozmarzanie zaczyna się już w październiku (RAKUSA-SUSZCZEWSKI 1973). Duże jezioro jest zamrożone cały rok, z wyjątkiem stref płytkich przybrzeż-



Ryc. 3. A, B, C. Stratyfikacja termiczna w badanych zbiornikach oazy

nych i rejonu odpływu wody. Wiosną, w listopadzie, temperatury wody szybko wzrastają, pomimo utrzymującego się jeszcze lodu i w częściach wolnych od niego w pierwszych dniach grudnia mogą osiągać 6–7°C. Z koń-

cem grudnia 1971 r. i w styczniu 1972 r., jak obserwowałem, a więc w środku antarktycznego lata, temperatury wody na powierzchni wahały się od 12°C w jeziorze no. 7, 10,8°C w jeziorze no. 9 i no. 11 oraz 9,6°C w jeziorze no. 6. W strefie przybrzeżnej jeziora no. 8 temperatura wynosiła 5°C. Jeszcze w styczniu temperatury osiągały 9,2°C w jeziorze no. 11 i 7,8°C w jeziorze no. 10. Od 11 do 18 lutego większość zbiorników pokryła się lodem. W stosunku do obserwacji MACNAMARA (1970) dokonywanych w latach 1967/68, mierzone przeze mnie temperatury w okresie 1971/72 były wyższe w grudniu i styczniu, bo i nieco wyższe były średnie miesięczne temperatury powietrza (-1,0; -0,7; -0,2; +0,1) w odpowiednich latach. Latem w płytkich zbiornikach charakterystyczne są duże i nieregularne wahania temperatury wody rzędu kilku, a nawet kilkunastu stopni. W płytkiej, ciemnej kałuży naskalnej temperatura wynosiła nawet 21,5°C (MACNAMARA 1970). Jest to skutek gwałtownych zmian pogody i cech klimatu – głównie silnego promieniowania, skalistego podłoża i małej wilgotności powietrza. Jesienią zapas ciepła zbiorników antarktycznych oaz jest duży, a proces wychładzania się po zamarznięciu powierzchni (Ryc. 2) względnie powolny. Stratyfikację termiczną zbiorników oazy Thala Hills po ich zamarznięciu badano od marca do września 1969 r. (Ryc. 3 A, B, C). Wykazują one duże lokalne różnice, jednak w granicach 0–4°C. Największe w oazie Thala Hills jest jezioro „Głubokoje” o powierzchni około 230 h. W czasie naszego pobytu miało nietypową stratyfikację termiczną (Ryc. 4). W wy-



Ryc. 4. Stratyfikacja termiczna i tlenowa w jeziorze Głębokoje.

niku wzrostu poziomu wody nastąpiło przezwyciężenie bariery śnieżnej zamykającej jezioro od strony doliny otwartej do morza. Spowodowało to gwałtowny (w ciągu 2–3 dni), katastroficzny odpływ kilkunastu milionów m³ wód głównie z epilimnionu jeziora. Zjawisko to parę lat później obserwowano ponownie. Powierzchnia zamrożonego jeziora „Głębokoje” obniżyła się o 8 metrów, a lód przybrzeżny spoczął w misie skalnej na jego suchych brzegach. Strefa skoku termicznego, hipolimnion, znalazła się pod powierzchnią lodu. W kolejnych miesiącach strefa ta stopniowo ulegała wychłodzeniu. Jak obserwowaliśmy to na jednym z jezior, w przypadku całkowitego przemarznięcia zbiornika położonego w skalnej misie lód wzdyma się i pęka wzdłuż dłuższej osi. Interesującym i nieco zaskakującym zjawiskiem był efekt obserwowany przez nas na powierzchni jeziora no. 2, kiedy to po okresie silnych cyklonicznych burz śnieżnych powstała duża zaspą. Wywołała ona nacisk śniegu na lód zbiornika i gwałtowne wypływanie wody na powierzchnię jeziora przez powstały otwór w lodzie (RAKUSA-SUSZCZEWSKI 1973). Wzrost ciśnienia wody w zbiornikach o skalnym podłożu jest również efektem zamarzania. Tego zjawiska spodziewają się naukowcy w przypadku wierceń jezior kontynentalnych i stosują

termin „efekt Coca Coli”. Ale jest to też naturalne zabezpieczenie tych jezior przed zanieczyszczeniem, gdyż w wywiercony otwór napływa woda i momentalnie zamarza. Takie próby wody w postaci lodu z otworu wiertniczego uzyskali Rosjanie z jeziora Wostok. Wydaje się, że obserwowane przez nas w małych zbiornikach oazy Thala Hills przed 45 laty takie zjawiska jak wzrost ciśnienia w trakcie zamarzania, pękanie lodu w misie skalnej, wymrażanie soli i wzrost jej koncentracji, wysokie natlenienie wody, ogrzewanie się wody pomimo zamarznięcia zbiornika na powierzchni, czy gwałtowne wypływy i przepływy wody pomiędzy zbiornikami w okresie lata, jest podobne do zjawisk obserwowanych i odkrywanych obecnie w dużych Antarktycznych jeziorach lodowych kontynentalnych, z czego dopiero teraz zdajemy sobie sprawę wiedząc o ich istnieniu zaledwie od 20 lat.

W jeziorach i zbiornikach wodnych oaz na kontynencie życie jest ubogie. W faunie dominują pierwotniaki, wrotki, niesporczaki i nicienie, brak skorupiaków (OPALIŃSKI 1972), z wyjątkiem jednego gatunku widłonoga (*Acanthocyclops mirnyj*) w oazie Bungere. Natomiast flora zbiorników oazy Thala Hills była bogata i obejmowała 85 taksonów opisanych przez STARMACHA (1995) z w oparciu o zebrane przez nas materiały. Stanowiły ją głównie sinice, zielenice i różnowiciowce.

Płytkie zbiorniki na Południowych Szeztlandach i w sąsiedztwie stacji Arctowskiego nagrzewają się do 14°C latem, a zimą przemarzają do dna; są zasilane solami biogenicznymi z kolonii pingwinów, co powoduje ogromne zakwity fitoplanktonu głównie *Chlorelli*. Faunę stanowią wrotki, nicienie, niesporczaki, widłonogi i skrzepłopływki (JANIEC 1993).

Jak z tego widać, antarktyczne zbiorniki wodne reprezentują szerokie spektrum warunków fizycznych, chemicznych i biologicznych. Duże jeziora mają względnie stałe warunki, chociaż i w jeziorze Whillans 800 m pod powierzchnią lodu, obserwowano z satelity duże i gwałtowne wahania poziomu wody, co może świadczyć o gwałtownych przepływach. Małe zbiorniki oaz cechują duże wahania temperatur. Temperatura lodu w zamrożonych zbiornikach sięga wielu dziesiątków stopni ujemnych temperatur zimą, a latem woda w nich nagrzewa się do kilkudziesięciu stopni. Żyjące w nich organizmy podlegają znacznym zmianom temperatury, zamarzaniu, odmrażaniu i przesuszeniu

(to właśnie wykorzystał prof. Karol Stalmach ożywiając kultury wysuszonych przez nas osadów dennych z jezior oazy Thala Hills). Zasolenie zmienia się w wyniku wymrażania: rośnie w trakcie zamarzania i spada w okresie topnienia lodu i śniegu. Zawartość soli biogenicznych uzależniona jest od położenia i ich dopływu z kolonii pingwinów.

Molekularne badania zespołów jeziornych Antarktydy dopiero się rozpoczynają (LAYBOURN-PARRY i PEARCE 2007). Wiele z organizmów tu występujących jest endemicznych i

stanowiąc może potencjalne źródło enzymów i białek chroniących przed zamarzaniem. Szczególnie liczne są zespoły sinic i bakterii. Bardzo licznie występują wirusy, na które zwrócono uwagę ze względu na ich możliwą rolę w wymianie genetycznej. O analogii środowisk wodno/lodowych Antarktydy do warunków spotykanych w kosmosie pisze się często, a dotarcie do wody jezior pod lodowych może być praktyką przyszłych poszukiwań kosmicznych.

POLSKIE BADANIA LIMNOLOGICZNE W OAZIE THALA HILLS (ENDERBY LAND) W ROKU 1969

Streszczenie

Badania jezior i płytkich zbiorników w oazie Thala Hills (Wschodnia Antarktyda) prowadziliśmy 45 lat temu. Temperatura wody podczas zimy i lata bardzo zmienia się. Podczas zamarzania zbiorników ciśnienie i zawartość tlenu w wodzie wzrasta. Odpływ wody z jeziora Glubokoje ma charakter ka-

tastoficzny. Jeziora i płytsze zbiorniki wodne w przybrzeżnej oazie Thala Hills wykazują wiele podobieństw do warunków panujących w podlodowych jeziorach kontynentalnych Antarktydy odkrytych w ciągu ostatnich 20 lat badań.

POLISH LIMNOLOGICAL STUDIES IN THALA HILLS OASIS (ENDERBY LAND) IN 1969

Summary

Studies were conducted in the lake and ponds of Thala Hills oasis (East Antarctic) 45 years ago. Large changes in the temperature of water during winter and summer months were observed. Freezing of ponds was accompanied by an increase in the oxygen pressure and content of water. Out flow of wa-

ter from the lake Glubokoje had catastrophic character. It has been concluded that the Thala Hills oasis lake and shallow ponds exhibit similar conditions to that of continental Antarctic lakes discovered under ice during last 20 years.

LITERATURA

- JANIEC K., 1993. *The freshwater micro- and meiofauna of Admiralty Bay King George Island, South Shetland Islands*. Proc. NIPR. Symp. Polar Biol. 6, 133-138.
- LAYBOURN-PARRY J., PEARCE D., 2007. *The biodiversity and ecology of Antarctic lakes: model for evolution*. Phil. Trans. R. Soc. B 362, 2273-2289.
- MACNAMARA E. E., 1970. *Some limnological observations from Enderby Land, Antarctica*. Limnol. Oceanograph. 15, 768-775.
- OPALIŃSKI K. W., 1972. *Flora and fauna in freshwater bodies of the Thala Hills oasis (Enderby Land, Eastern Antarctica)*. Pol. Arch. Hydrobiol. 19, 383-398.
- RAKUSA-SUSZCZEWSKI S., 1973. *Antarktyda 1968-1972*. PWN BP, Warszawa.
- RAKUSA-SUSZCZEWSKI S., LIPSKI M., 1980. *A New Lake type on Penguin Island, South Shetlands*. Pol. Arch. Hydrobiol. 27, 253-257.
- RAKUSA-SUSZCZEWSKI S., 2013. *Szósty kontynent*. Akademia 3, 32-34.
- STARMACH K., 1995. *Freshwater algae of the Thala Hills oasis (Enderby Land, East Antarctic)*. Polish Polar Res. 16, 113-148.
- WELLMAN H.W., WILSON A.T., 1961/1962. *Lake Vanda and Antarctic lake, a solar energy trap*. Report on Victoria University of Wellington Antarctic Expedition 1961-62. VUWAE 5.