

Charakterystyka hydrochemiczna wód w rejonie Polskiej Stacji Polarnej im. H. Arctowskiego na Wyspie Króla Jerzego (Szetlandy Południowe)

Tomasz Krogulec¹, Ewa Krogulec¹, Jerzy Małecki¹, Paweł Pietrzykowski², Paweł Dobak¹

Hydrochemical characteristics of water in the area of Arctowski Polish Polar Station on King George Island (Southern Shetlands). Prz. Geol., 65: 1306–1311.

Abstract. The research was carried out during Antarctic summer 2015/2016 in the region of Arctowski Polish Polar Station on King George Island (Southern Shetlands) in Admiralty Bay in Antarctica. The scope of hydrochemical studies included selected elements: temperature, pH, dry residue, general slurry, ammonium ion, nitrates, macroelements (chlorides, sulphates, magnesium, bicarbonates and carbonates, sodium, magnesium and calcium) and some microelements. Surface water and groundwater are low mineralized and do not show anthropogenic impact. The results of physicochemical tests have been compared with marine water chemistry and few available archival data, which allowed the assessment of water quality and the attempt to identify the groundwater flow direction.

Keywords: Southern Shetlands, Arctowski Polish Polar Station, groundwater, surface water

Rozpoznanie chemizmu wód powierzchniowych i podziemnych w Antarktyce jest istotne z punktu widzenia ochrony tego unikatowego w skali globalnej środowiska i jest zgodne z podpisanym blisko 60 lat temu, m.in. przez Polskę, traktatu antarktycznego wspierającego badania naukowe, a przede wszystkim zobowiązującego do ochrony przyrody i bioróżnorodności tego kontynentu. Dotychczasowe badania hydrochemiczne wód powierzchniowych i podziemnych prowadzone na Wyspie Króla Jerzego były sporadyczne, dotyczyły najczęściej analiz wybranych wskaźników, w celu określenia wpływu kolonii lęgowych pingwinów na jakość wód podziemnych. Ponadto przeprowadzone badania dostarczają nowych danych o wodach tego pozbawionego działalności gospodarczej i nieskażonego środowiska, stanowiąc obok tego swego rodzaju punkt odniesienia dla badań hydrologicznych i hydrogeologicznych.

Wyniki badań, przeprowadzonych podczas lata antarktycznego 2015/2016 w rejonie Polskiej Stacji Polarnej im. H. Arctowskiego na Wyspie Króla Jerzego (Szetlandy Południowe) w Zatoce Admiralicji w Antarktyce (ryc. 1), obejmowały analizę wybranych elementów hydrochemicznych na tle charakterystyki hydrogeochemicznej wód powierzchniowych i podziemnych. Porównano je z wieloma opracowaniami archiwalnymi, co umożliwiło ocenę zmian jakości wód oraz próbę oceny kierunku dopływu wód podziemnych, sposobu ich zasilania.

Celem publikacji jest przedstawienie wyników badań chemicznych wód powierzchniowych i podziemnych, identyfikacja zasięgu zanieczyszczeń wód oraz określenie roli czynników warunkujących zasilanie wód podziemnych w rejonie Polskiej Stacji Polarnej im. H. Arctowskiego na Wyspie Króla Jerzego (Szetlandy Południowe) w Zatoce Admiralicji w Antarktyce.

POŁOŻENIE I BUDOWA GEOLOGICZNA TERENU BADAŃ

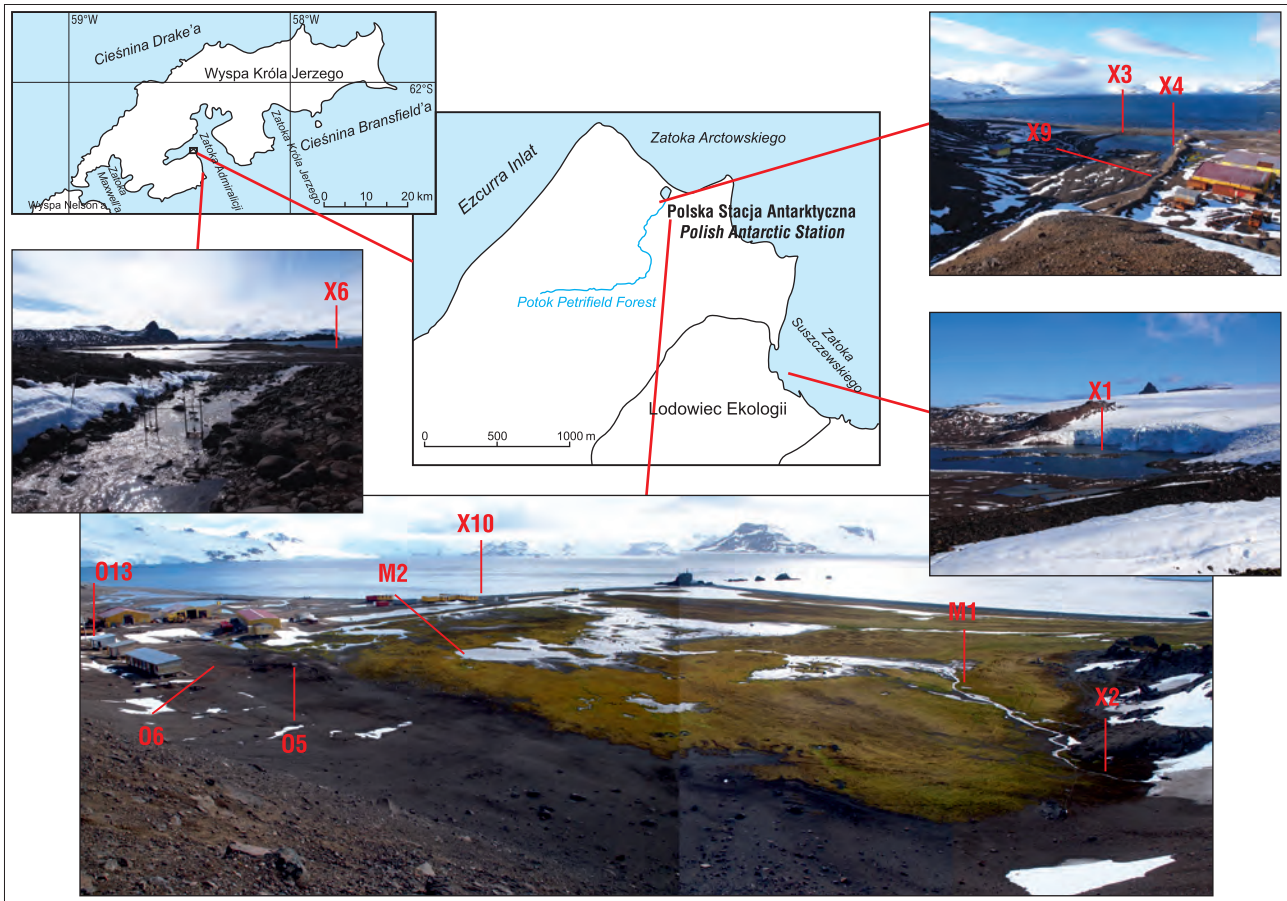
Polska Stacja Polarna od południa graniczy z Antarktycznym Obszarem Specjalnej Ochrony (ASP) nr 128 „Zachodni brzeg Zatoki Admiralicji”. Teren Stacji Polar-

nej od granicy ASPA 128 dzieli duża płaszczyna podmokłego mszarnika i łąki *Deschampsia/Colobanthus*. Obszar ten jest objęty szczególną ochroną w ramach zachowania obszarów podmokłych w klimacie polarnym. Obiekty stacji są zlokalizowane na płaskim obszarze wybrzeża (ryc. 1) wzniesionym w stosunku do średniego poziomu morza od ok. 2,0 do ok. 5,0 m.

Archipelag Szetlandów Południowych jest związany z łukiem wulkanicznym, którego powstanie jest wynikiem subdukcji oceanicznej płyty Phoenix pod kontynentalną płytę antarktyczną (Eagles, Livermore, 2002). Wyspa Króla Jerzego składa się z kilku terranów, pomiędzy którymi znajdują się wydłużone strefy tektoniczne (Birkenmajer, 1989). Rejon Polskiej Stacji Polarnej znajduje się na bloku Warszawa. Główne występujące formacje skalne należą do grupy Ezcurre, są to: Point Thomas Formation (eocen wyższy), Arctowski Cove (kreda górna–eocen wyższy). Druga grupa to Baranowski Glacjer z formacjami: Llano Point (santon, mastrycht) oraz Zamek (santon, mastrycht). W bezpośrednim sąsiedztwie Polskiej Stacji Arktycznej im. H. Arctowskiego występują skały należące do formacji Arctowski Cove, bardzo zmiennej pod względem budowy oraz składu petrograficznego. Znajdujące się bezpośrednio przy stacji zbcze, w dolinie potoku Petrified Forest, jest zbudowane ze skał należących do ogniwa Hala (Birkenmajer, 2001). Składa się ono z naprzemianległych warstw andezytowych wzbogaconych w żelazo, law bazaltowych, osadów piroklastycznych oraz skał osadowych, charakteryzujących się dużą odpornością na procesy wietrzenia. Najwyższą część zbcza wyniesienia przy Stacji im. H. Arctowskiego, budują skały ogniwa Petrified Forest. Są to utwory osadowe o genezie rzecznej oraz osady stożków aluwialnych. Tworzą one konglomerat, w skład którego wchodzi muły, piaski oraz żwir. Osady poniżej zbcza, w których wykonywane były odkrywki badawcze do poboru próbek wód podziemnych, to głównie fragmenty zerodowanych skał z ogniwa Hala oraz czarne piaski morskie o dobrym wysortowaniu. Piaski te mają makroskopowo podobny skład mineralogiczny do formacji wulkanicznych tego obszaru. Sporadycznie w odkrywkach napotymano

¹ Wydział Geologii, Uniwersytet Warszawski, ul. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa; ewa.krogulec@uw.edu.pl.

² Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa.



Ryc. 1. Lokalizacja punktów badawczych i miejsc poboru próbek: X – miejsca poboru wód powierzchniowych i wód morskich, O – miejsca poboru wód podziemnych, M – miejsca poboru wód z rejonu mszarnika. Ryc. 1 i 2 fot. T. Krogulec

Fig. 1. Location of research points and sampling sites: X – surface and marine water sampling sites, O – groundwater sampling sites, M – places of water extraction from the moss bed. Figs 1 and 2 phot. T. Krogulec

fragmenty skał z ogniwa Petrified Forest, które są znacznie mniej odporne na wietrzenie.

Osady przypowierzchniowe w rejonie Stacji Arctowskiego to głównie grubo- i bardzo grubookruchowe warstwy osadów morskich z licznymi wkładkami nieobtoczonych fragmentów skał, lokalnie żwiry i piaski gliniaste. Koluwia i/lub deluwia często zajązają się facjalnie z osadami morskimi, nawet w otworach najbardziej oddalonych od zbocza w rejonie mszarnika. W podłożu występują osady piaszczyste i piaszczysto-gliniaste, niżej naprzemianległe osady piaszczyste oraz poziomy zawierające kamienisty materiał o różnym stopniu obtoczenia z dominującym wypełnieniem piaszczystym.

ZAKRES BADAŃ

Litologię osadów przypowierzchniowych w rejonie Stacji Polarnej rozpoznano 10 odkrywkami badawczymi do głębokości 0,8–1,6 m p.p.t. oraz dodatkowymi 5 punktami dokumentacyjnymi (wkopami) do głębokości 2,5 m p.p.t. Wykonano trzy odkrywki badawcze dla sprawdzenia kontynuacji rozpoznanych warunków geologicznych w rejonie zabudowań poza budynkiem głównym Stacji oraz na plaży. Próbkę wody pobrano ze zbiornika wód przeznaczonych do picia (X4), z kilku miejsc mszarnika (M1; M2), cieków powierzchniowych (X2; X3; X9) oraz z morza (X1; X6; X10) (ryc. 1). Wody podziemne pobrano z 4 płytkich wkopów na terenie stacji z głębokości od 0,1 do 2,5 m p.p.t.

(O5, O6, O13, O14) (ryc. 2). Zakres badań hydrochemicznych obejmował wybrane elementy: PEW, temperaturę, pH, suchą pozostałość, zawiesinę ogólną, jon amonowy (badania *in situ*), makroskładniki oraz mikroelementy: Al, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Si, Ti, V, Zn (badania laboratoryjne). Pomiary w warunkach *in situ* przeprowadzono sprzętem laboratoryjnym firmy SLANDI: fotometrem LF300, konduktometrem SC300 oraz pH-metrem SP300.



Ryc. 2. Płytki wkop w celu obserwacji wód podziemnych i poboru próbki wody

Fig. 2. Excavation for groundwater observation and water sampling

Dodatkowo w warunkach laboratoryjnych oznaczenia wykonano głównie przy użyciu ICP-OES (optyczna spektrometria emisyjna ze wzbudzeniem w plazmie indukcyjnej sprzężonej) oraz ICP-OES/ICP-MS (optyczna spektrometria emisyjna ze wzbudzeniem w plazmie indukcyjnej sprzężonej ze spektrometrią mas). Zakres badań był uzależniony od możliwości technicznych i środowiskowych wykonania prac bezpośrednio w terenie lub możliwości dowozu próbek do laboratorium (w tabelach zestawiono mikroelementy, których stężenie było powyżej granicy oznaczalności), a charakterystykę ograniczono do wybranych elementów fizykochemicznych. Zbiornik wody pitnej jest naturalnym zbiornikiem wód powierzchniowych, częściowo pogłębiony i umocniony wałem ziemnym, na którym warstwa lodu w sezonie zimowym utrzymuje się krótko. Ma on powierzchnię ok. 0,4 ha ma głębokość ok. 3 m, jest zasilany przez wody powierzchniowe Petrifield Forest Creek, i stanowi źródło wody dla Polskiej Stacji Polarnej. Cieki powierzchniowe w sąsiedztwie Stacji to niewielkie strumienie, zasilające mszarnik lub zbiornik wód pitnych (ryc. 1). Nie prowadzono długoterminowych badań monitoringowych stanów wód. Obserwacje w okresie letnim wskazują na niewielkie zmiany stanów (do 15 cm), potwierdzające zasilanie wód zbiornika wodami podziemnymi, przy niewielkim parowaniu. Podczas badań w okresie letnim nie zaobserwowano wiecznej zmarzliny, której występowania nie potwierdzają również badania archiwalne. Pobór próbek wody i inne badania prowadzono w rejonie mszarnika z należytą starannością, żeby wykluczyć jakiegokolwiek wpływ na obszar objęty ochroną.

REZULTATY BADAŃ

Woda morska

Cechą charakterystyczną wód morskich w rejonach zatok wysp okołobiegunowych jest proporcjonalnie niskie ich zasolenie. Prawdopodobnie tę potwierdziły wyniki analiz próbek pobranych ze strefy brzegowej terenu badań. Skład jonowy wód morskich był warunkowany przede wszystkim dysocjacją jonową soli: chlorków (NaCl, MgCl₂), siarczanów (MgSO₄, CaSO₄, K₂SO₄) i węglanów (CaCO₃).

Wody morskie z Zatoki Admiralicji są silnie natlenione, o czym mogą świadczyć formy specyjalne oznaczanych anionów SO₄²⁻, NO₃⁻ i PO₄³⁻. Stężenia biogenów (NO₃⁻, PO₄³⁻) wynoszą odpowiednio 5,72–7,48 i 0,17–0,32 mg/dm³. Większość oznaczanych pierwiastków śladowych wskazuje na brak czynników antropogenicznych formujących skład jonowy tych wód (tab. 1). Anomalnie wysokie zawartości strontu, wynoszące od 4,43 do 5,81 mg/dm³ w poszczególnych oznaczeniach są zapewne wynikiem trudnego do sprecyzowania na obecnym etapie badań czynnika antropogenicznego. W miejscach opróbowania wód morskich stwierdzono niewielkie zróżnicowanie stężeń badanych elementów, wskazujące na możliwość dopływu do morza wód o innym chemizmie. Stężenia badanych parametrów fizykochemicznych są typowe dla wód morskich, zbliżone do wyników opisanych przez innych badaczy (m.in. Borghini, Bargagli, 2004) (tab. 1).

Wody powierzchniowe w ciekach i zbiornikach

Wody powierzchniowe charakteryzują się mineralizacją od 80 mg/dm³ (X2) do 164 mg/dm³ (M2). Cechą charakterystyczną wszystkich badanych wód jest dominacja w składzie jonu chlorkowego. Są to wody dwu, trzy i czterojonowe o typach hydrochemicznych: Cl–Na, Cl–SO₄–Na, Cl–Na–Ca, Cl–HCO₃–Na–Ca (tab. 2). Składnik meteoryczny jedynie zaznaczył się w odrębności typu hydrochemicznego wód. W wodach z mszarnika oraz w jego bezpośrednim sąsiedztwie w składzie jonowym pojawiają się znaczne ilości siarczanów wynoszące nawet 29 mg/dm³ (tab. 3). Są to głównie wody trzyjonowe Cl–Na–Ca, Cl–SO₄–Na z niewielkim udziałem węglanów.

Zakres dotychczasowych badań nie pozwala na pewne wyjaśnienie stawianych hipotez. Jest jednak prawdopodobne, że proporcjonalnie duży udział chlorków i sodu w próbkach wód pobranych w trefie brzegowej jest wynikiem oddziaływania bryzy oceanicznej. Wszystkie badane wody są niskomineralizowane; stwierdzone stężenia nie wskazują na tendencję zmian przestrzennych oraz na zanieczyszczenia wód powierzchniowych w rejonie Stacji. Stężenia mikroskładników na ogół nie różnicują analizowanych wód (tab. 3). Wody powierzchniowe zasilające zbiornik wód

Tab. 1. Stężenia podstawowych kationów, anionów oraz mikroelementów w wodach morskich

Table 1. Concentrations of main cations, anions and microelements in marine waters

Nr No.	Lokalizacja Location	Aniony/ Anions [mg/dm ³]					Kationy / Cations [mg/dm ³]			
		HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
X1	morze (rejon Lodowca Ekologii) <i>sea water (Ecology Glacier area)</i>	121,33	17916,4	1700,0	5,72	0,17	8261,85	299,42	295,79	995,66
X6	morze (rejon Lodowca Baranowskiego) <i>sea water (Baranowski Glacier area)</i>	bd	bd	bd	bd	bd	10729,82	396,70	282,24	1325,37
X10	morze (przy stacji) <i>sea water (station neighbourhood)</i>	147,69	20390,8	3100,0	7,48	0,32	10540,38	425,05	400,80	1267,56
Woda morska <i>Sea water (Borghini, Bargagli, 2004)</i>		bd	19353	2712	bd	bd	bd	bd	bd	bd
Nr No.	Mikroskładniki / Microelements [mg/dm ³]									
	Ba	Fe	Si	Sr	V	Al	Cr	Cu	Mn	Zn
X1	0,005	0,000	0,296	4,43	0,189	0,000	0,010	0,009	0,003	0,019
X6	0,007	0,018	0,352	5,76	0,180	0,000	0,010	0,014	0,000	0,000
X10	0,008	0,171	0,425	5,81	0,181	0,306	0,011	0,023	0,003	0,032

bd – brak danych / no data

Tab. 2. Typy hydrochemiczne wód
Table 2. Hydrochemical types of waters

Numer, lokalizacja <i>No, location</i>	Zapis wg formuły Kurlowa <i>Kurlow formula</i>	Typ wody <i>Type of water</i>
O5, woda podziemna <i>groundwater</i>	$M^{0,2} \frac{Cl^{45}SO_4^{33}HCO_3^{20}}{Na^{63}Ca^{19}Mg^{12}} T^3$	chlorkowo-siarczanowo-wodorowęglanowo-sodowa Cl-SO ₄ -HCO ₃ -Na
O14, woda podziemna <i>groundwater</i>	$M^{0,1} \frac{Cl^{57}HCO_3^{21}}{Na^{50}Ca^{33}Mg^{12}} T^3$	chlorkowo-wodorowęglanowo-sodowo-wapniowa Cl-HCO ₃ -Na-Ca
X4, woda powierzchniowa, zbiornik wód pitnych <i>surface water, drinking water reservoir</i>	$M^{0,1} \frac{Cl^{66}HCO_3^{28}}{Na^{59}Ca^{23}} T^3$	chlorkowo-wodorowęglanowo-sodowo-wapniowa Cl-HCO ₃ -Na-Ca
X2, woda powierzchniowa, strumień do mszarnika <i>surface water, local creek in moss bed neighbourhood</i>	$M^{0,1} \frac{Cl^{66}HCO_3^{21}}{Na^{59}Ca^{24}} T^3$	chlorkowo-wodorowęglanowo-sodowo-wapniowa Cl-HCO ₃ -Na-Ca
M2, woda powierzchniowa, mszarnik <i>surface water, moss bed</i>	$M^{0,2} \frac{Cl^{57}SO_4^{23}HCO_3^{17}}{Na^{71}Mg^{12}Ca^{11}} T^3$	chlorkowo-siarczanowo-sodowa Cl-SO ₄ -Na
M1, woda powierzchniowa, mszarnik <i>surface water, moss bed</i>	$M^{0,1} \frac{Cl^{79}}{Na^{56}Ca^{20}} T^3$	chlorkowo-sodowo-wapniowa Cl-Na-Ca
X10, woda morska <i>sea water</i>	$M^{36,3} \frac{Cl^{90}SO_4^{10}}{Na^{77}Mg^{18}} T^3$	chlorkowo-sodowa Cl-Na

pitnych, wody zbiornika oraz odpływające ze zbiornika, charakteryzują się podobnymi stężeniami podstawowych kationów i anionów. Niższe stężenia NO₃⁻, wynoszące 1,32 mg/dm³, w zbiorniku wody pitnej niż w pozostałych badanych wodach powierzchniowych (wartości od 4,40 do 5,28 mg/dm³) wskazują na udział wód podziemnych w zasilaniu zbiornika (tab. 3). Badane wybrane wskaźniki wody w zbiorniku wód pitnych w 2005 r. (Nędzarek, Pocięcha, 2010) cechowały się nieco wyższymi stężeniami: SO₄²⁻, Cl⁻ niż określone w 2016 r. Analiza stężeń wybranych wskaźników wskazuje na dobrą jakość wód w zbiorniku wody pitnej, brak symptomów zanieczyszczeń i zmienności jakości wód w czasie.

Wybrane wskaźniki fizykochemiczne: SO₄²⁻, Cl⁻, NO₃⁻, NO₂⁻ były badane podczas lata antarktycznego 1979/1980 w rejonie Zatoki Admiralicji, na terenie kolonii lęgowych pingwinów. Stwierdzono, że skład chemiczny wód spływających z obszarów lęgowych różni się zasadniczo od składu chemicznego wód ze strumieni wód powierzchniowych wyspy Króla Jerzego (Tatur, Myrcha, 1983). Wysoki stan troficzny zależy od bezpośredniego i pośredniego dopływu materii organicznej od kolonii lęgowych ptaków i ssaków morskich (Izaguirre i in., 1998; Vinocur, Unrein, 2000; Nędzarek, Pocięcha, 2010). Badania wybranych wskaźników chemicznych w wodach powierzchniowych i podziemnych w badanym obszarze wskazują na niewielki zasięg oddziaływania kolonii lęgowych pingwinów, nie

Tab. 3. Stężenia podstawowych kationów, anionów oraz mikroelementów w wodach powierzchniowych
Table 3. Concentrations of main anions, cations and microelements in surface waters

Nr <i>No.</i>	Lokalizacja <i>Location</i>	Aniony / <i>Anions</i> [mg/dm ³]					Kationy / <i>Cations</i> [mg/dm ³]			
		HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
X3	ujście ze zbiornika wód pitnych <i>outlet from drinking water reservoir</i>	22,22	39,99	5,0	5,28	0,05	26,42	1,06	7,13	0,39
X4	zbiornik wód pitnych <i>drinking water reservoir</i>	26,36	35,10	3,0	1,32	0,08	21,30	0,71	7,38	1,85
X9	strumień do zbiornika wód pitnych <i>local creek to drinking water reservoir</i>	23,68	36,58	1,0	4,40	0,08	18,45	0,59	7,62	1,36
X2	strumień do mszarnika <i>local creek in mossbed neighbourhood</i>	16,60	29,35	3,0	5,28	0,22	16,83	0,83	5,85	1,36
M2	mszarnik <i>moss bed</i>	27,71	52,68	29,0	3,52	0,17	39,56	1,96	5,37	3,65
M1	mszarnik <i>moss bed</i>	8,54	46,72	7,0	3,96	0,14	19,87	1,46	6,25	1,51
Nr <i>No.</i>		Mikroskładniki / <i>Microelements</i> [mg/dm ³]								
		Al	Cu	Fe	Si	Sr	V	As		
X3		0,003	0,009	0,023	0,387	0,020	0,018	0,000		
X4		0,283	0,005	0,018	0,505	0,017	0,019	0,004		
X9		0,000	0,009	0,008	0,413	0,024	0,015	0,000		
X2		0,000	0,009	0,004	0,563	0,024	0,016	0,000		
M2		0,223	0,012	0,021	0,317	0,025	0,021	0,000		
M1		0,031	0,012	0,031	1,412	0,032	0,020	0,000		

Tab. 4. Stężenia podstawowych kationów, anionów oraz mikroelementów w wodach podziemnych
Table 4. Concentrations of main anions, cations and microelements in groundwater

Nr No.	Lokalizacja Location	Aniony/ Anions [mg/dm ³]					Kationy / Cations [mg/dm ³]			
		HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
O14	bezpośrednio przy wybrzeżu <i>immediately close to the shore</i>	44,43	36,58	3,00	0,00	0,22	21,89	0,68	12,58	2,87
O6	ok. 350 m od wybrzeża <i>ca. 350 m from the shore</i>	28,56	61,40	15,00	5,28	0,25	30,34	3,07	6,41	1,18
O5	ok. 400 m od wybrzeża <i>ca. 400 m from the shore</i>	35,40	46,40	47,00	3,96	0,19	41,44	3,62	10,66	4,18
O13	przy skarpie <i>near the scarp</i>	bd	bd	bd	bd	bd	29,74	0,98	7,98	3,84

Nr No.	Mikroskładniki / Microelements [mg/dm ³]							
	Al	Cu	Fe	As	Si	Sr	V	
O14	0,083	0,012	0,067	0,000	0,549	0,014	0,017	
O6	0,003	0,009	0,006	0,004	0,503	0,019	0,017	
O5	0,000	0,009	0,013	0,000	0,736	0,028	0,035	
O13	0,000	0,011	0,034	0,000	0,501	0,027	0,023	

bd – brak danych / no data

zarejestrowano również wpływów związanych z oddziaływaniem materii organicznej (tab. 3).

Stężenia wybranych wskaźników fizykochemicznych wód w mszarniku nie odbiegają zasadniczo od wartości stwierdzonych w cieku zasilającym mszarnik. Cechą charakterystyczną jest zróżnicowanie stężeń wybranych wskaźników w samym mszarniku. Stwierdzone niskie stężenie NO₃⁻ wynoszące nieco ponad 3,5 mg/dm³, chociaż w badaniach strumieni odprowadzających wody z kolonii lęgowych pingwinów w dalszej odległości od mszarnika wynosiło od 2 do 170 mg/dm³ (Tatur, Myrcha, 1983). Wyniki opróbowania w zakresie stężenia NO₃, porównane z badaniami przeprowadzonymi przez Tatura i Myrchę (1983), nie wskazują na trendy zmian stężeń w czasie. Stężenia wybranych mikroelementów (tab. 3) mają wielkości śladowe i świadczą o braku zanieczyszczenia mszarnika objętego ochroną.

Wody podziemne

Wody podziemne występują płytko, na głębokości od 0,5 m p.p.t. w rejonie mszarnika do ponad 2,5 m p.p.t. na zboczu (ryc. 1, 2). Skład chemiczny badanych wód podziemnych jest zbliżony (tab. 4), są to wody o mineralizacji od 152 mg/dm³ (O6) do 193 mg/dm³ (O5). Wody podziemne pobrane z wkopu zlokalizowanego bezpośrednio przy wybrzeżu (X10) nie mają cech chemicznych wody morskiej, stężenia jonów Cl⁻ i Na⁺ wynosiły odpowiednio 36,6 i 21,9 mg/dm³ i były niższe niż w próbkach wody podziemnej pobranych w dalszej odległości od morza, co wskazuje na brak ingresji wód zasolonych (tab. 4). Udział chlorków i sodu w wodach podziemnych może być wynikiem infiltracji opadów wraz z bryzą oceaniczną, co potwierdzają także wyniki badań zasolenia wód atmosferycznych rejestrowane w Zatoce Admiralicji (Heywood, 1978; Björck i in., 1996; Juchnowicz-Bierbasz, 1999). Wyniki badań hydrogeochemicznych dowodzą zasilania wód podziemnych w ramach płytkiego systemu krążenia, dopływ lateralnego od strony lądu w kierunku wybrzeża morskiego przy niewielkiej infil-

tracji wód opadowych. Stężenia badanych mikroelementów są nieznaczne (tab. 4) i nie wskazują na ich zanieczyszczenie.

PODSUMOWANIE

Badania przeprowadzono podczas lata antarktycznego 2015/2016 w rejonie Polskiej Stacji Polarnej im. H. Arctowskiego na Wyspie Króla Jerzego (Szetlandy Południowe) w Zatoce Admiralicji w Antarktyce. Badaniem objęto wybrane parametry fizykochemiczne wód powierzchniowych i podziemnych. Wody te są niskozmineralizowane, wartości wybranych wskaźników nie wskazują na hydrochemiczną tendencję zmian przestrzennych. Nie stwierdzono zanieczyszczeń antropogenicznych. Badania wybranych wskaźników chemicznych w wodach powierzchniowych i podziemnych ukazują niewielki zasięg oddziaływania ekosystemów zwierzęcych, w badanym obszarze nie zarejestrowano wpływów związanych z oddziaływaniem materii organicznej. Wody podziemne występują płytko, na głębokości od 0,5 m p.p.t. w rejonie mszarnika do ponad 2,5 m p.p.t. w rejonie zbocza. Ich skład chemiczny jest zbliżony. Są to wody niskozmineralizowane typu chlorkowo-siarczanowo-wodorowęglanowo-sodowego oraz chlorkowo-wodorowęglanowo-sodowo-wapniowego. Wyniki badań hydrogeochemicznych oraz obserwacje stanów wód podziemnych w okresie letnim wskazują na zasilanie wód w systemie płytkiego krążenia, dopływ lateralny wód od strony lądu w kierunku wybrzeża morskiego przy niewielkiej infiltracji wód opadowych.

Badania były zrealizowane dzięki Instytutowi Biochemii i Biofizyki PAN oraz badaniom statutowych Uniwersytetu Warszawskiego.

LITERATURA

BIRKENMAJER K. 1989 – Report on Polish geological investigations in the Antarctic Peninsula sector, West Antarctica, in 1984–1985 [Badania

- geologiczne obszaru Półwyspu Antarktycznego w 1984–1985 r.]. *Stud. Geol. Pol.*, 93: 113–122.
- BIRKENMAJER K. 2001 – Globalne znaczenie zlodowaceń Antarktydy. [W:] Kostrzewski A. (red.), *Geneza, Litologia i Stratygrafia Utworów Czwartorzędowych. T. 3.* Wyd. Nauk. UAM, Ser. Geogr., 64: 33–57.
- BJÖRCK S., OLSSON S., ELLIS-EVANS C., HÅKANSSON H., HUMLUM O., DE LIRIO JM. 1996 – Late Holocene palaeoclimatic records from lake sediments on James Ross Island, Antarctica. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, 121: 195–220.
- BORGHINI F., BARGAGLI R. 2004 – Change of major ion concentrations in melting snow and terrestrial waters from northern Victoria Land, Antarctica. *Antarctic Sci.*, 16: 107–115.
- EAGLES G., LIVERMORE R.A. 2002 – Opening history of Powell Basin. *Antarctic Peninsula. Mar. Geol.*, 185: 195–200.
- HEYWOOD R.B. 1978 – Maritime antarctic lakes. *Verh. Intern. Verein. Limnol.*, 20: 1210–1215.
- IZAGUIRRE I., VINOCCUR A., MATALONI G., POSE M. 1998 – Phytoplankton communities in relation to trophic status in lakes from Hope Bay (Antarctic Peninsula). *Hydrobiologia*, 369/370: 73–87.
- JUCHNOWICZ-BIERBASZ M. 1999 – Year-round changes of nutrients in fresh water bodies near Arctowski Station (South Shetland Islands, Antarctica). *Pol. Polar Res.*, 20 (3): 243–258.
- NĘDZAREK A., POCIECHA A. 2010 – Limnological characterization of freshwater system of the Thomas Point Oasis (Admiralty Bay, King George Island, West Antarctica). *Polar Sci.*, 4: 457–467.
- TATUR A., MYRCHA A. 1983 – Changes in chemical composition of waters running off from the penguin rookeries in Admiralty Bay region (King George Island, South Shetland Islands, Antarctica). *Pol. Polar Res.*, 4 (1/4): 113–125.
- VINOCCUR A., UNREIN F. 2000 – Typology of lentic water bodies at Potter Peninsula (King George Island, Antarctica) based on physical-chemical characteristics and phytoplankton communities. *Polar Biology*, 23 (12): 858–870.