



**prof. dr hab.  
Wojciech Majewski**

Paleobiolog, badacz  
otwornic Antarktydy  
i Oceanu Południowego.

Interesuje się ich  
ekologią, a także  
wykorzystaniem  
do rekonstrukcji  
dawnych środowisk,  
zwłaszcza w czasie  
deglacji  
po maksimum  
ostatniego  
zlodowacenia  
w rejonach Półwyspu  
Antarktycznego  
i Morza Rossa.

Od 2016 roku  
przedstawiciel strony  
polskiej w SCAR  
– międzynarodowym  
Komitecie Naukowym  
Badań Antarktycznych.

wmaj@twarda.pan.pl

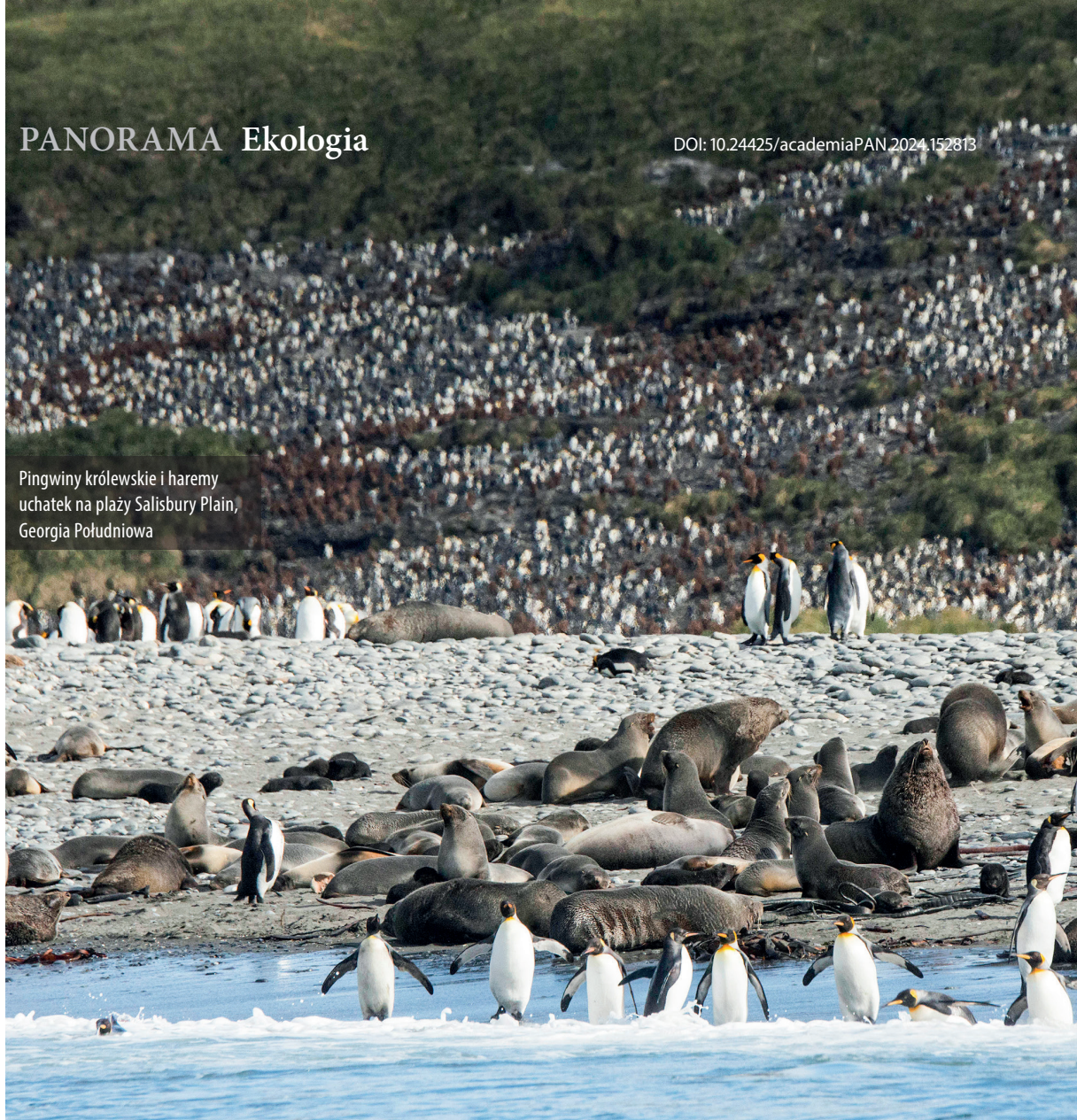


**dr hab.  
Joanna Pawłowska,  
prof. IO PAN**

Kierowniczka Pracowni  
Środowiskowego DNA  
Instytutu Oceanologii  
PAN w Sopocie.

Paleoceanografka,  
badaczka rejonów  
polarnych, specjalistka  
od kopalnego DNA.  
Prowadzi badania nad  
zastosowaniem analiz  
kopalnego DNA  
środowiskowego  
w odtwarzaniu  
warunków panujących  
w przeszłości  
geologicznej. W swojej  
pracy zajmuje się  
wieloma grupami  
organizmów, w tym  
otwornicami.

pawlowska@iopan.pl



Pingwiny królewskie i haremy  
uchatek na plaży Salisbury Plain,  
Georgia Południowa

# GEORGIA POŁUDNIOWA – RAJ ODZYSKANY?

Izolowane wyspy to naturalne laboratoria przyrody,  
gdzie jak na dłoni są widoczne zarówno zagrożenia,  
jak i pozytywne efekty wpływu człowieka  
na środowisko.





KERI PASHUK

---

**Wojciech Majewski**Instytut Paleobiologii PAN  
w Warszawie

---

**Joanna Pawłowska**Instytut Oceanologii PAN  
w Sopocie

---

**Witold Szczuciński**Instytut Geologii  
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

**G**eorgia Południowa, największa wyspa Subantarktyki, jest naturalną ostoją dla milionów ptaków – gniazduje tu ich 29 gatunków – oraz ssaków morskich, przede wszystkim dla słoni mor-

skich i uchatek antarktycznych. Zdecydowana większość tych ostatnich, być może nawet ponad 95 proc. z blisko pięćmilionowej światowej populacji, pochodzi właśnie z Georgii Południowej. Miejscowe wody przyciągają wieloryby, m.in. długopłetwce oceaniczne, zwane potocznie humbakami. Przyplývają tu one z zimowych terenów rozrodczych u wybrzeży Brazylii, by w spokoju korzystać z bogactwa pokarmu. Wybrzeża, które coraz szybciej są uwalniane spod wycofujących się lodowców, zasilane guanem bytujących tu zwierząt, porasta niespotykane bujna na wyspach tych szerokości geograficznych roślinność. W jej skład wchodzi 25 rodzimych gatunków roślin naczyniowych i podobna liczba gatunków wprowadzonych. Występuje tu także około 125 gatunków mchów, 85 wątrobowców i 200 porostów.

To spektakularne żywe bogactwo izolowanej, mającej około 165 km długości i do 35 km szerokości – a więc stosunkowo niewielkiej wyspy – jest możliwe dzięki oblewającym ją wodom bogatym w kryl. Kryl antarktyczny to gatunek niewielkiego skorupiaka będący podstawowym pokarmem pingwinów, niektórych waleni, fok i ryb Oceanu Południowego. Jego ławice docierają w okolice Georgii Południowej z rejonu Półwyspu Antarktycznego, niesione przez Antarktyczny Prąd Okołobiegunowy, najpotężniejszy prąd oceaniczny na Ziemi. Jeśli dodamy do tego, że Georgia Południowa w zasadzie nie jest zamieszkała, a cała wyspa wraz z otaczającymi ją wodami znajduje się pod ścisłą ochroną prawną, wyłania się obraz nadzwyczaj bogatego przyrodniczo obszaru, niemalże nietkniętego ludzką ręką. Poza nielicznymi naukowcami jedynymi odwiedzającymi wyspę są turyści. Brak tu jednak lotniska, hoteli, jakiegokolwiek gospodarki. Turyści mogą się tu dostać jedynie na statkach turystycznych i są rygorystycznie kontrolowani, by nie rozprzestrzeniać gatunków inwazyjnych.

Jeszcze niedawno było tu jednak zupełnie inaczej. Masowe polowania prowadzone w XIX wieku wyniszczyły populację uchatek, doprowadzając je prawie do wyginięcia. W 1915 roku na wyspie natrafiono tylko na jednego osobnika tego gatunku i go zabito. Podobnie było z wielorybami. W pierwszej połowie ubiegłego wieku na Georgii Południowej funkcjonowało kilka stacji wielorybnych, obsługiwanych przez setki pracowników. W tamtym okresie upolowano i przetworzono na olej ponad 175 tys. wielorybów. W końcu jednak produkcja przestała być opłacalna. Ostatnią stację w Grytviken zamknięto w 1966 roku. Skutki ludzkiej aktywności były jednak dewastujące i odczuwalne przez kolejne dekady. Na przykład przywleczone szczury znakomicie się zaadaptowały i czyniły spustoszenie wśród licznych wcześniej kolonii lęgowych ptaków. Z kolei celowo introdukowane renifery zmniejszyły niegdyś bogatą roślinność. Humbaki nie odwiedzały już okolicznych fiordów.

**prof. dr hab.  
Witold Szczuciński**

Kierownik Pracowni Geozagrożeń Instytutu Geologii Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu. Interesuje się przede wszystkim sedimentologią, geozagrożeniami, geologią morza, geochemią i badaniami polarnymi. Bada głównie osady, procesy prowadzące do ich powstania oraz zachowane w nich zapisy zmian klimatycznych i środowiskowych, szczególnie tych związanych ze zdarzeniami ekstremalnymi (np. tsunami). Pełni funkcję przewodniczącego Komitetu Nauk Geologicznych PAN.  
witek@amu.edu.pl



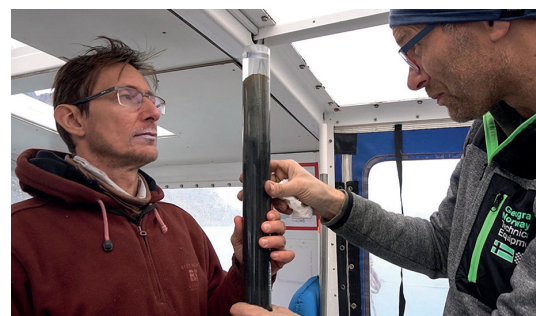
Rdzeń z Zatoki Króla Edwarda z widoczną dobrze natlenioną górną warstwą osadu zdeponowaną na początku XXI wieku

Obecnie te zdegradowane ekosystemy są w dużej mierze odbudowane. Georgia Południowa jest znakomitym przykładem regeneracyjnych możliwości przyrody, pod warunkiem nie tylko zaprzestania jej eksploatacji, lecz także wdrażania programów mających na celu przywrócenie jej cech pierwotnych. Z wyspy usunięto stada reniferów, przeprowadzono chyba największą na świecie akcję odszczurzenia, a obecnie są prowadzone wysiłki, by ograniczyć obecność inwazyjnych gatunków roślin, m.in. mniszka lekarskiego, który znalazł tu idealne warunki rozwoju.

## Maleńkie giganty

W tym właśnie wyjątkowym obszarze pod koniec 2019 roku przeprowadziliśmy badania terenowe, finansowane z grantu Narodowego Centrum Nauki. Polska nie posiada obecnie statku morskiego wspierającego badania Oceanu Południowego. Czasy, kiedy Polska Stacja Antarktyczna im. Henryka Arctowskiego na Szetlandach Południowych była systematycznie zapatrywana przez jednostki pod polską banderą, skończyły się kilka dekad temu. Żeby zrealizować projekt, wycarterowaliśmy niewielki jacht badawczy Saoirse, prowadzony przez bardzo doświadczoną i zaangażowaną załogę. Miało to zarówno swoje ograniczenia, jak i zalety. Zapewniło dużą swobodę, umożliwiło operowanie w wodach przybrzeżnych – niedostępnych dla większych jednostek – dało również możliwość doświadczenia przygody żeglowania w obrębie słynnych „ryczących czterdziestek” i „wyjących pięćdziesiątek” oraz niewątpliwie ograniczyło koszty.

Jednym z celów wyprawy było udokumentowanie występowania i określenia typowych warunków



PIOTR ROZWALAK

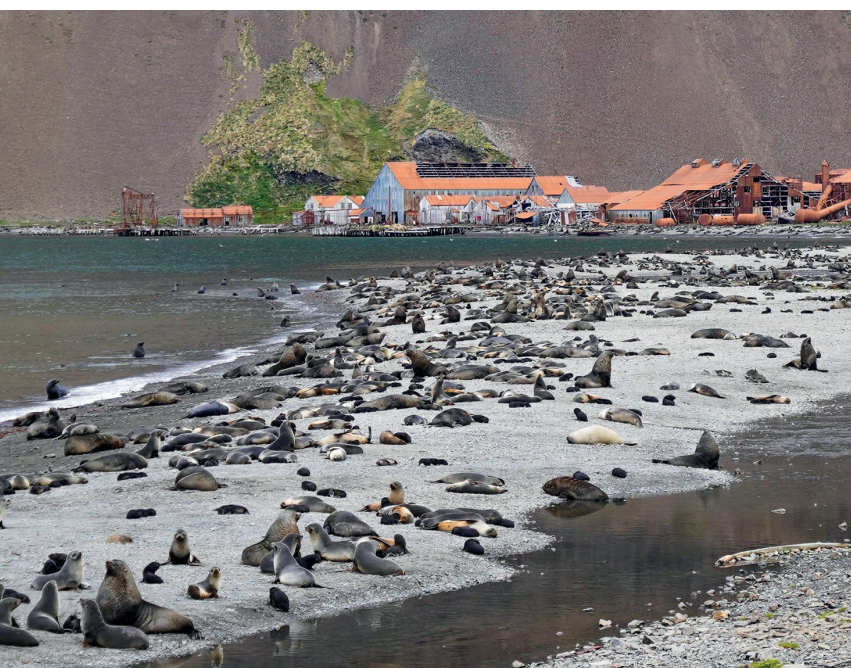
życiowych otwornic, jednokomórkowych mikroorganizmów, których skamieniałości zachowane w osadach są powszechnie wykorzystywane do odtwarzania dawnych warunków środowiskowych. Zgromadziliśmy bogaty materiał, co pozwoliło opisać trzy nowe rodzaje i cztery gatunki otwornic, a także sześć nowych gatunków ich bliskich krewnych z rodzaju *Gromia*. Dzięki zastosowaniu metody zegara molekularnego skojarzyliśmy momenty kluczowe dla ewolucji otwornic z rodziny *Cassidulinidae*, z okresami ocieplenia klimatu Antarktyki około 15 i 5–7 mln lat temu. Dochodziło wtedy do kontaktu pokrewnych populacji zasiedlających Antarktykę, Georgię Południową i obszary po północnej stronie Cieśniny Drake’a, czego wynikiem była hybrydyzacja międzygatunkowa. Wraz z postępującym obecnie ociepleniem Subantarktyki i Półwyspu Antarktycznego podobnego scenariusza możemy się spodziewać także w najbliższej przyszłości.

Kolejnym celem wyprawy było zbadanie zmian w ekosystemie Georgii Południowej w XX i XXI wieku. Szczególnie interesowały nas fiordy w sąsiedztwie stacji wielorybnych i zmiany zachodzące w trakcie ich aktywności oraz po zaprzestaniu eksploatacji. W kluczowych obszarach zatoki Cumberland, znajdującej się w centralnej części wyspy, pobraliśmy krótkie rdzenie osadów morskich pozwalające odtworzyć warunki panujące w trakcie działalności wielorybniczej w latach 1904–1966 i po jej ustaniu. Ciekawiło nas, czy i ewentualnie jak szybko delikatny ekosystem zatoki powrócił do stanu równowagi po okresie intensywnej działalności przemysłowej, wyjątkowej w skali całego Oceanu Południowego.

## Odrodzenie

Najciekawsze wyniki uzyskaliśmy z rdzenia osadów pobranego z King Edward Cove (Zatoki Króla Edwarda), nad którą znajdowała się najdłużej funkcjonująca na wyspie stacja wielorybna Grytviken. Wiek osadów został określony na podstawie badania aktywności izotopu  $^{210}\text{Pb}$ . Skład chemiczny i biomarkery w osadach powstałych w czasie funkcjonowania stacji charakteryzowały się szczególnie wysokimi zawartościami niektórych metali ciężkich, obecnością zwią-

Setki uchatek w okresie rozrodu na plaży koło opuszczonych zabudowań stacji wielorybniczej Stromness, znanej jako końcowy etap heroicznej podróży sir Ernesta Shackletona z towarzyszami w 1916 roku



WOLICIECH MAJEWSKI



ków ropopochodnych, pochodzących ze spalania węgla, a także ze ścieków bytowych. Koncentracje tych związków gwałtownie spadły w osadach datowanych na okres bezpośrednio po zamknięciu stacji. W osadach z czasów wielorybnictwa nie znaleźliśmy mikro-skamieniałości otwornic. Najwyraźniej panowały wtedy w osadach dennych warunki niemalże beztlenowe, wynikające z zanieczyszczenia wód m.in. odpadkami z obróbki cielsk waleni, których rozkład pochłaniał dostępny w wodzie tlen. Pojawiło się pytanie, czy zatoka była wtedy całkowicie pozbawiona życia, co *notabene* mogły sugerować niezwykle sugestywne opisy okolic sąsiedniej stacji w Stromness autorstwa Ernesta Shackletona z czasów jego słynnej Imperialnej Wyprawy Transantarktycznej.

Kompleksowe zrekonstruowanie dawnych ekosystemów umożliwiły nam badania kopalnego środowiskowego DNA, czyli materiału genetycznego pozostawionego przez organizmy żyjące w przeszłości i zachowanego w osadach. Mimo że takie DNA jest mocno zdegradowane, nadal można odzyskać jego fragmenty i zidentyfikować ich pochodzenie. Dzięki temu możemy odtwarzać dawną różnorodność biologiczną, nawet jeśli nie pozostały żadne widoczne ślady obecności organizmów, np. ich skamieniałości. Okazało się, że w okresie zdominowanym przez warunki beztlenowe dno morskie było zamieszkałe przez stosunkowo różnorodny zespół pierścienic, głównie wieloszczetów, grupy typowej dla obszarów zdegradowanych ekologicznie.

Wraz z ograniczeniem zanieczyszczenia i poprawą warunków tlenowych bardzo szybko pojawiły się otwornice zamieszkujące dno morskie. Były one zdominowane przez formy zlepnicowate (aglutynujące) i stosunkowo różnorodne, sugerując skokową poprawę warunków środowiskowych. Rekolonizacja otwornic była szybka, nie zaobserwowaliśmy tu znanego z niektórych fiordów Skandynawii etapu pośredniego między zespołami typowymi dla silnego zanieczyszczenia i dla warunków normalnych. Niemniej należy wziąć pod uwagę, że choć degradacja środowiska w czasach wielorybnictwa była drastyczna, to najprawdopodobniej była ograniczona przestrzennie do bliskiego sąsiedztwa stacji wielorybniczych. W porównaniu z niemalże błyskawiczną reakcją otwornic dostosowanie się większych organizmów zasiedlających dno Zatoki Króla Edwarda było wolniejsze. Badania kopalnego środowiskowego DNA i datowanie osadów wskazują, że mogło to zająć nawet dekadę. Dopiero wtedy pojawiły się parzydełkowce, głównie ukwiały i stułbiopławy, które wydają się świadczyć o stabilizacji warunków w latach 80. i 90.

## Wszechobecny człowiek

Jednak po 2000 roku nastąpiła kolejna zmiana. Dostępność tlenu w osadzie ponownie wzrosła, na co szybko



KERI PASHUK

zareagowały otwornice, tym razem zdominowane przez formy tworzące skorupki wapienne. Z pewnym opóźnieniem zareagowały także organizmy wielokomórkowe, praktycznie zniknęły parzydełkowce, a za to pojawiły się nicienie. Zmiana ta była dość niespodziewana. Jej przyczyną mogła być obecnie obserwowana zmiana klimatu. W rejonie Georgii Południowej objawia się ona systematycznym wzrostem średniej rocznej temperatury powietrza o 0,14 st. C na dekadę, zwiększeniem opadów i silniejszymi wiatrami. Tendencje te dotyczą jednak znacznego obszaru, a zmiany obserwowane w rdzeniach z innych części zatoki Cumberland nie

Jacht badawczy Saoirse zacumowany przy dawnej stacji wielorybniczej Grytviken (grudzień 2019). W wyprawie wzięli udział Christine Ellard, Andrew Gooday, Maria Holzmann, Michael Kean, Greg Landreth (pierwszy kapitan), Keri Pashuk (drugi kapitan), Jan Pawłowski, Piotr Rozwałak, Witold Szczuciński i Wojciech Majewski, kierownik



KERI PASHUK

Pobieranie próbek osadów dennych przed czołem jednego z najszybciej wycufujących się lodowców na świecie (około 450 m na rok) – Lodowca Neumayera, w zachodniej odnodze zatoki Cumberland





Stacja British Antarctic Survey nad Zatoką Króla Edwarda, w tle zabudowania byłej stacji wielorybniczej Grytviken

WOJCIECH MAJEWSKI

Chcesz wiedzieć  
więcej?

Majewski W., Szczuciński W., Pawłowska J., Szymczak-Zyła M., Lubecki L., Niedzielski P., Environmental degradation and recovery after termination of whaling in sub-Antarctic fjord, South Georgia, „Science of the Total Environment” 2024.

Headland R., *The Island of South Georgia*, 1984.

Majewski W., Holzmann M., Gooday A.J., Majda A., Mamos T., Pawłowski J., *Cenozoic climatic changes drive evolution and dispersal of coastal benthic foraminifera in the Southern Ocean*, „Scientific Reports” 2021.

Majewski W., Szczuciński W., Gooday A.J., *Unique benthic foraminiferal communities (stained) in diverse environments of sub-Antarctic fjords, South Georgia*, „Biogeosciences” 2023.

pokrywają się lub są wręcz przeciwne do tych obserwowanych w dość płytkiej Zatoce Króla Edwarda.

To, co przez ostatnie dekady zmieniło się wyraźnie w tej właśnie zatoce, to rosnąca presja ze strony człowieka, tym razem w postaci ruchu turystycznego. Roczna liczba rejsów dużych statków wycieczkowych na Georgię Południową od początku tego wieku wzrosła z niespełna 30 do blisko 80 w latach 2017–2020. Grytviken jest obowiązkowym przystankiem dla zdecydowanej większości tych wizyt. Najprawdopodobniej to właśnie one są odpowiedzialne za kolejne zmiany ekosystemu Zatoki Króla Edwarda przez silniejsze i częstsze mieszanie wód zatoki. Na razie te skutki wydają się ograniczone. Zatoka Króla Edwarda to przecież niewielki akwen o dużym potencjale regeneracyjnym, o czym świadczy szybka odbudowa ekosystemu po dotkliwej degradacji z czasów działalności wielorybniczej.

Obserwowane współcześnie spektakularne odrodzenie przyrody Georgii Południowej to niewątpliwy sukces. Ze względu na powolne odbudowywanie antarktycznej populacji wielorybów, regulującej populację kryła, sieć troficzna Oceanu Południowego ciągle jeszcze jest w fazie zmian. Na przykład w niektórych obszarach zagęszczenie uchatk jest większe niż przed epoką masowych polowań w XIX wieku, przypuszczalnie ze względu na zwiększoną dostępność kryła. Pyta-

niem pozostaje jednak stabilność obecnego stanu ekosystemu. Zagrożenia niewątpliwie istnieją. Inwazyjna flora jest wciąż obecna na wyspie. Ocieplenie klimatu będzie ułatwiać ekspansję wprowadzonych gatunków i może doprowadzić nie tylko do zmiany warunków panujących na lądzie i w wodach przybrzeżnych, lecz także do modyfikacji układu życiodajnych prądów morskich niosących krył, aczkolwiek akurat w rejonie łuku wyspowego Morza Scotia, którego kulminacją jest właśnie Georgia Południowa, przebieg prądów morskich jest częściowo uwarunkowany ukształtowaniem dna morskiego. Ponadto obserwowany obecnie ubytek lodu morskiego w Antarktyce pogarsza warunki rozrodu kryła. Zwiększa się presja związana z rozwijającym się ruchem turystycznym, co już zdaje się widoczne w naszych danych. Niesie to z sobą niebezpieczeństwo pojawienia się kolejnych gatunków inwazyjnych i powrócenia starych, zapewne nie reniferów, ale gryzoni z pewnością. Pytanie zatem, czy przyrodniczy raj największej wyspy Subantarktyki odzyskaliśmy na zawsze, pozostaje niestety otwarte.

Artykuł powstał w ramach projektu „Reakcja na zmiany środowiska i post-industrialna odbudowa populacji otwornic z fiordów Georgii Południowej, sub-Antarktyka”, finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki (2018/31/B/ST10/02886).