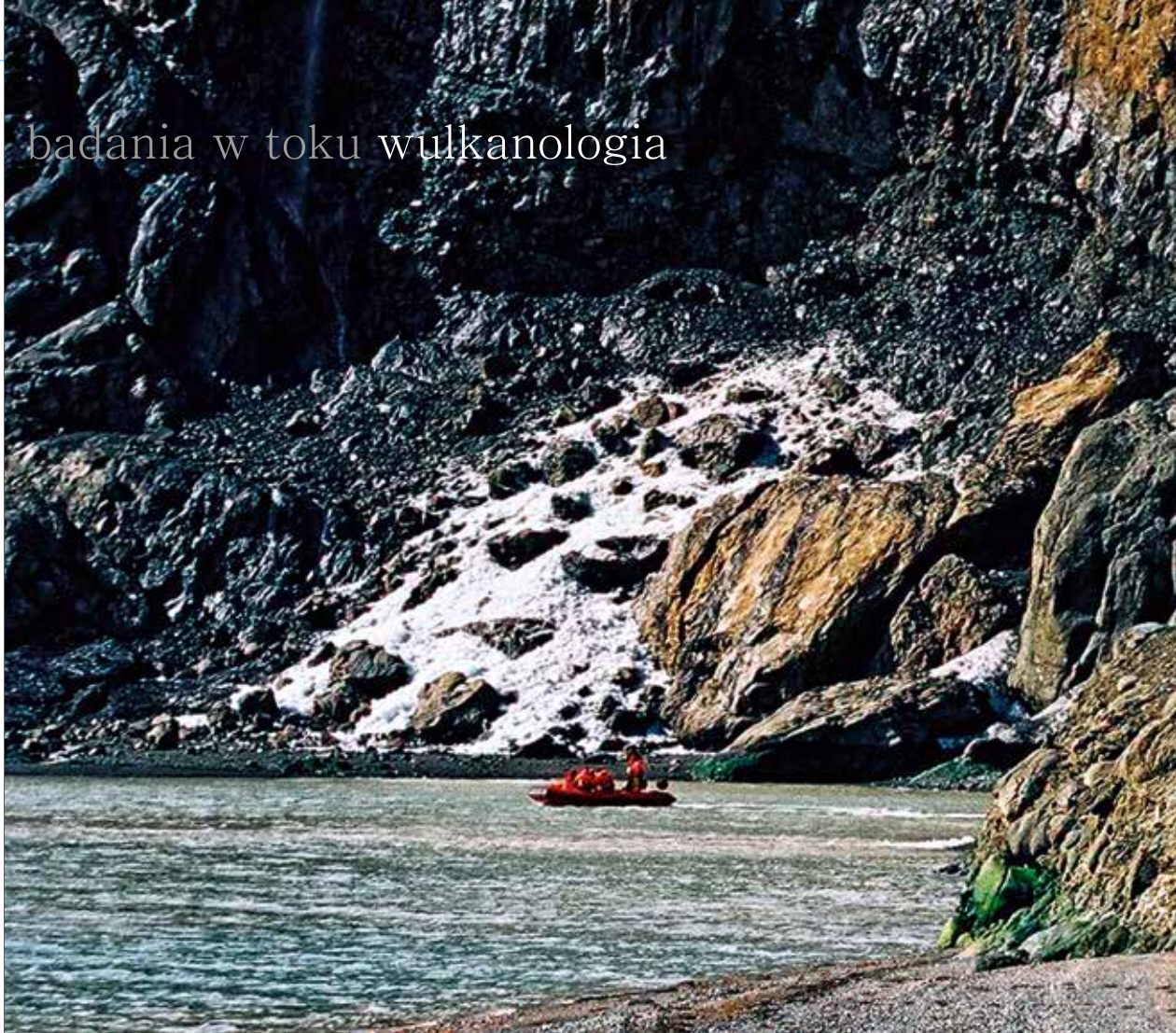


Tilit z Zatoki Hervé na Wyspie Króla Jerzego. Wiek skał wulkanicznych otaczających widoczne tutaj góry wskazuje, że powstał on prawie 49 milionów lat temu



LÓD Z PYŁU

**prof. dr hab.
Jerzy Nawrocki**

Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej, Lublin,
Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy
Instytut Badawczy, Warszawa

Początki rozwoju kriosfery na Antarktydzie wiązane są zwykle z termiczną izolacją tego kontynentu przez wokółantarktyczny prąd morski, który powstał dzięki otwarciu Cieśniny Drake’a nie wcześniej niż 41 milionów lat temu. Tę przejrzystą teorię zaburzyło jednak odkrycie przez polskich badaczy z zespołu prof. Birkenmajera na Wyspie Króla Jerzego w Antarktyce Zachodniej śladów po górskim lodowcu w postaci kopalnej moreny, która została później precyzyjnie datowana na 48,8 milionów lat. Kopalna morena, czyli tilit, powstała tuż po wczesnoeocenijskim optimum kli-

matycznym, kiedy to kończyła się obfitująca w atmosferyczny dwutlenek węgla epoka świata cieplarnianego, zwanego *greenhouse*. Jak zatem wyglądało na tym obszarze przejście do trwającej do dziś następnej epoki – świata lodowego, definiowanego jako *icehouse*?

Dzisiaj nie ulega już wątpliwości, że duża emisja pyłów wulkanicznych może być jednym z powodów ochładzania się ziemskiego klimatu. Problem wpływu wulkanizmu na klimat Antarktydy znalazł się ostatnio wśród priorytetów badawczych, opracowanych przez środowisko naukowców dla międzynarodowego Komitetu Naukowego Badań Antarktycznych (SCAR), opublikowanych w czasopiśmie „Antarctic Science”, gdzie ujęto go w formie następującego pytania: „W jakim stopniu wulkanizm wpłynął na ewolucję litosfery antarktycznej, dynamikę pokrywy lodowej i klimat globalny?”

Odporność ziaren

W kenozoiku, tak jak i wcześniej, w różnych miejscach Ziemi i z różnym natężeniem miały miejsce erupcje



ARCHIWUM AUTORA

Na Antarkydzie znajdują się liczne, stosunkowo młode, bo kenozoiczne wulkany. Jedna z hipotez mówi, że ich aktywność była przyczyną zlodowacenia Antarktyki.

wulkaniczne. Wulkanizm tego wieku znany jest również z Antarktyki Zachodniej, gdzie jego produkty tworzą tak zwaną kenozoiczną prowincję wulkaniczną. Do jego rozwoju przyczyniły się m.in. procesy związane z podchodzeniem (subdukcją) płyty tektonicznej Phoenix pod płytę antarktyczną. W ich wyniku powstawały łuki wysp wulkanicznych. Budujący Półwysp Antarktyczny łuk wewnętrzny powstawał głównie w mezozoiku, a tworzący wiele pobliskich wysp łuk zewnętrzny to głównie wynik młodszych, kenozoicznych procesów subdukcyjnych. Skały wulkaniczne wieku kenozoicznego poza Szetlandami Południowymi – w skład których wchodzi Wyspa Króla Jerzego – i bliską im częścią Półwyspu Antarktycznego występują również w wielu miejscach tworzącego ten półwysp orogenu andyjskiego, aż do jego nasady (Marie Byrd Land), a nawet już w obrębie Gór Transantarktycznych. Znaczna część kenozoicznych wulkanów z Antarktyki była zapewne aktywna w epoce świata lodowego, czyli w czasie młodszym niż ostatnie 50 milionów lat. Przy północnym krańcu Półwyspu Antarktycznego znajdują się stożki

i kaldery będące śladami najmłodszej aktywności wulkanicznej. Wyspa Deception to wulkaniczna kaldera, gdzie ostatnia erupcja miała miejsce w 1970 roku. Wulkan Erebus, o wysokości niemal 4 kilometrów, który wybuchł ostatnio w 2014 roku, znajduje się u wybrzeża Antarktydy Wschodniej, na Wyspie Rossa.

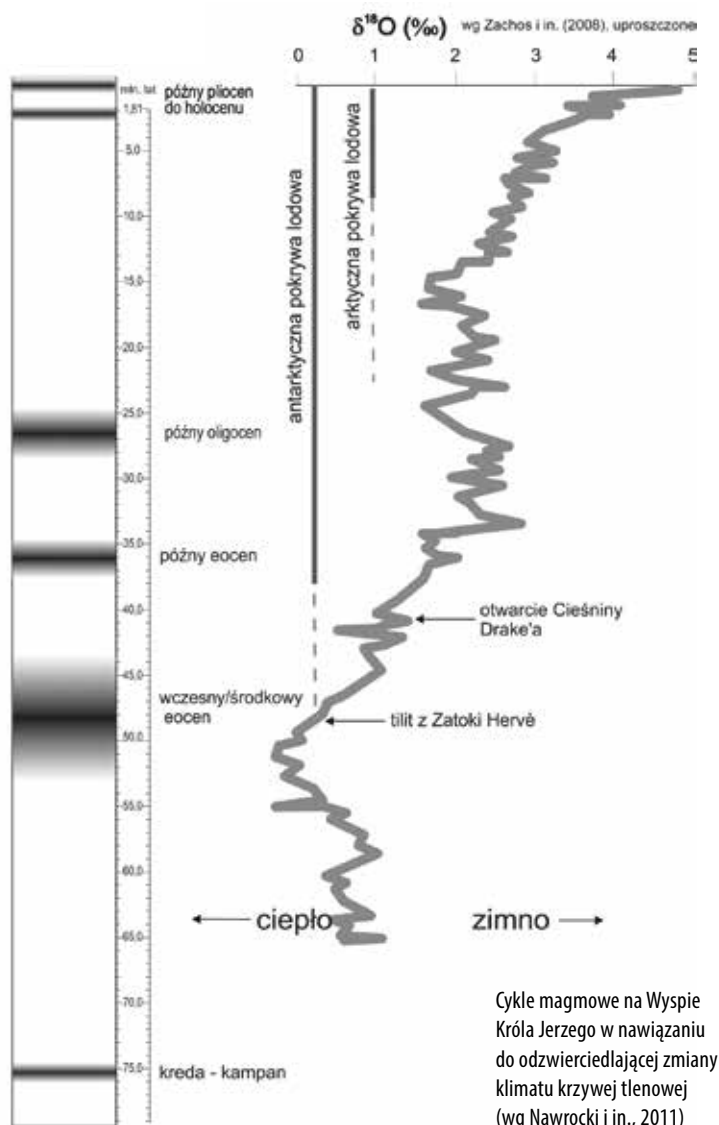
Analiza zależności zmian klimatycznych od natężenia zjawisk wulkanicznych wymaga bardzo precyzyjnego określenia wieku i rodzaju erupcji. Sprostanie temu zadaniu nie jest łatwe, jeśli zastosuje się tylko jedną metodę badawczą. Zwykle wiek izotopowy, mimo że nazywany niekiedy bezwzględny, nie odzwierciedla czasu wydostawania się produktów erupcji na powierzchnię. Może być on na przykład starszy, gdyż ziarna minerałów są na tyle odporne na wysoką temperaturę, że definiujące wiek stosunki izotopowe zostały zapisane przed wydostaniem się magmy na powierzchnię. Natomiast wtórne procesy pomagmowe bardzo często odmładzają wiek izotopowy, oznaczony za pomocą stosunku lekkich izotopów K-Ar czy $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$. Dlatego, aby najbardziej przybliżyć się do czasu erupcji, należy zastosować



**prof. dr hab.
Jerzy Nawrocki**

jest geologiem i geofizykiem. Pracuje na Wydziale Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej UMCS. Zajmuje się m.in. badaniami paleomagnetycznymi i integracją wyników analiz magnetostratygraficznych z datowaniami izotopowymi.

Jerzy.nawrocki@pgi.gov.pl



Cykle magmowe na Wyspie Króla Jerzego w nawiązaniu do odzwierciedlającej zmiany klimatu krzywej tlenowej (wg Nawrocki i in., 2011)

punktowe badania izotopów stabilnych, takich jak tlen czy siarka, niezwykle istotnych przy rekonstrukcji dawnych warunków klimatycznych i środowiskowych.

Punktowe, obejmujące mały obszar (nawet o średnicy ok. 30 μm), oznaczenia wieku cyrkonów są niezbędne, gdyż często minerał ten ma budowę pasową, odzwierciedlającą wieloetapowość jego powstawania. Jądro takiego ziarna może być nawet miliardy lat starsze niż jego zewnętrzna obwódka, ukształtowana podczas ostatniej wędrowki z magmą na powierzchnię.

Drugą metodą, stosowaną przez polskich badaczy w zestawie precyzyjnego datowania skał magmowych z Antarktyki Zachodniej, jest stratygrafia magnetyczna, oparta na dobrze dowiązanej do skali czasu skali zmian polarności ziemskiego pola magnetycznego. Szczęśliwie silnie namagnesowane skały magmowe nie wymagają unikatowego sprzętu do tego typu badań. Polska dysponuje już trzema, dobrze wyposażonymi laboratoriami paleomagnetycznymi. Trzecia metoda, stosowana w ramach zestawu do precyzowania wieku badanych skał, oparta na stosunku izotopów argonu $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ jest ogólnie dostępna w wielu komercyjnych laboratoriach.

Wiek, czyli klucz

Wcześniej wiek skał magmowych z Wyspy Króla Jerzego, jak też całej Antarktyki Zachodniej był określony głównie za pomocą datowań K-Ar. Efektem tego było sztuczne rozciągnięcie w czasie datowanych nieprecyzyjnie zjawisk wulkanicznych. Wyniki najnowszych badań formacji wulkanogenicznych z tej wyspy pozwoliły na wydzielenie tylko kilku cykli magmowych, zawężonych do określonych odcinków czasu geologicznego. Największe miąższości formacje te osiągają właśnie w czasie odpowiadającym powstaniu tilitu z Zatoki Hervé i bezpośrednio po jego depozycji, co było podstawą do wysnucia przez piszącego te słowa hipotezy, że wulkanizm mógł mieć wpływ na rozwój klimatu Antarktydy.

Wyspa Króla Jerzego jest jednak tylko małym fragmentem obszaru Antarktyki Zachodniej, na którym w ciągu ostatnich 50 milionów lat miały miejsce erupcje i wylewy skał wulkanicznych. Aby wykazać ich znaczenie dla kształtowania się klimatu Antarktydy, niezbędne są badania na całym, ogromnym obszarze występowania paleogeńskich i neogeńskich formacji wulkanogenicznych. Jest niemal pewne, że obraz rozciągniętej bardzo w czasie i nieprecyzyjnie datowanej aktywności wulkanicznej ulegnie znacznej zmianie. Wyróżnionych zostanie zapewne tylko kilka cykli działalności wulkanicznej. Nie wiemy jednak, czy cykle te w skali kontynentalnej będą równoczesowe z udokumentowanymi wydarzeniami klimatycznymi? Czy rodzaj wulkanizmu też będzie „klimatotwórczy”, tj. związany z dużą emisją popiołów lub gazów cieplarnianych?

JERZY NAWROCKI

Chcesz wiedzieć więcej?

Birkenmajer K., Gaździcki A., Krajewski K.P., Przybycin A., Solecki A., Tatur A. & Yoon H.I. (2005). First Cenozoic glaciers in West Antarctica. *Polish Polar Research*, 26, 3–12.

Kennicutt II M.C. i in. (2015). A roadmap for Antarctic and Southern Ocean science for the next two decades and beyond. *Antarctic Science*, 27 (1), 3–18.

Nawrocki J., Pańczyk M., Williams I.S. (2010). Isotopic ages and palaeomagnetism of selected magmatic rocks from King George Island (Antarctic Peninsula). *Journal of Geological Society*, London, 167, 1063–1079.

wiele metod. Uczyniono to w badaniach pokryw lawowych na Wyspie Króla Jerzego, dodając do oznaczeń wieku izotopowego tej samej skały metodami U-Pb i $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ jeszcze metodę magnetostratygraficzną.

Nasza mikrosonda

Część sposobów na precyzyjne określenie wieku skał wulkanicznych wiąże się z zastosowaniem najnowocześniejszych, unikatowych urządzeń. W szczególności dotyczy to punktowego oznaczania wieku izotopowego metodą U-Pb ziaren cyrkonów. Badania te wykonywane są za pomocą wysokorozdzielczej mikrosondy jonowej produkcji australijskiej SHRIMP IIe. W Europie, poza Rosją i Hiszpanią, urządzenie to posiada właśnie Polska. Zakupione ze środków Fundacji na rzecz Nauki Polskiej znajduje się na wyposażeniu Laboratorium Analiz w Mikroobszarze Państwowego Instytutu Geologicznego – PIB. Po dwóch latach od instalacji, poza wdrożeniem oznaczeń zawartości izotopów uranów i ołowiu, za pomocą tej mikrosondy wykonywane są również