

oceanologia

PRZEBUDOWA



ARKTYKI

Napływ ciepłych wód sprawia, że na północnych krańcach Atlantyku zachodzą w środowisku zaskakujące zmiany.

SŁAWOMIR SWERPEL



Fot. Art Grabeer/Shutterstock.com

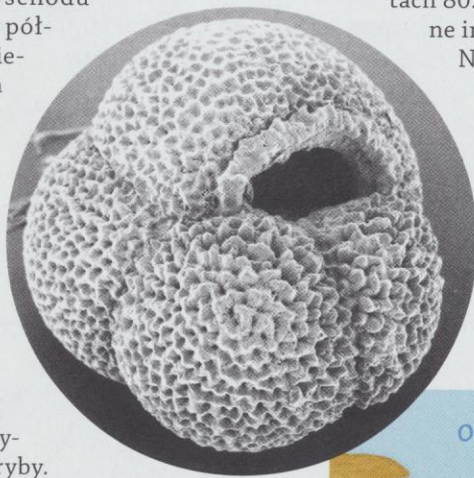
Spitsbergen

B

W 1607 r. Wzdłuż wschodnich wybrzeży Grenlandii żaglowiec „Hopewell” z coraz większym trudem przeciskał się przez lód. Płynął na zlecenie angielskiej Kompanii Moskiewskiej i miał wytyczyć zupełnie nową trasę z Europy do Chin – przez morza północne. Holenderski geograf Petrus Plancius rozpowszechniał w tamtych czasach pogląd, że w rejonie bieguna jest dosyć ciepło, ponieważ w letniej połowie roku słońce tam nie zachodzi. Ale wsłuchując się w trzaski i pojękiwania ściskanego przez lód kadłuba, dowódca wyprawy Henry Hudson doszedł do przekonania, że nie tędy wiedzie poszukiwana droga. Skierował żaglowiec na wschód i po 6 dniach podróży dotarł do Spitsbergenu. „Hopewell” płynął dalej na północ wzdłuż wybrzeży wyspy, a lód zagroził mu drogę dopiero u jej północnych krańców. W końcu zrezygnowany Henry Hudson zawrócił.

Wielki podróżnik nie przypuszczał, że dotarł do miejsca, gdzie Atlantyk zwęża się do szerokiej na 450 km cieśniny (ochrzczonej później cieśniną Fram, od nazwy innego, norweskiego statku), którą od zachodu ogranicza północna Grenlandia, a od wschodu – Spitsbergen. Dalej na północ rozpościera się – nieznanany wówczas – Ocean Arktyczny. Zimny prąd morski wynosi z niego lód na południe wzdłuż wybrzeży Grenlandii. Po drugiej stronie cieśniny w przeciwnym kierunku płyną ciepłe wody atlantyckie niesione przez Prąd Zachodniopolski.

Wyprawa Hudsona napotykała w nich często wieloryby. Po jej powrocie wiadomość ta rozeszła się wśród wielorybników, ale nie od razu wywołała gorączkę połowów. Minęło jeszcze kilkanaście lat, a wieści płynące ze statków docierających w tamte rejony zachęcały. Wąla grenlandzkiego było w bród, lodu zaś – coraz mniej. Na północ wyruszyła armada statków wielorybniczych, a założona na północy Spitsbergenu niewielka osada wielorybnicza Smeerenburg (Osada Wielorybiego Tuszczu) zaczęła tętnić życiem. Pobliskie wody były wyjątkowe. Zimą morze tu często nie zamarzało, tworząc zatokę wciśniętą między brzeg a krawędź polarnych lodów. Zwano ją Whalers Bay. Bywały okresy, kiedy w osadzie mieszkało ponad 400 osób i cumowało naraz kilkanaście statków. Ale wielorybnicza hossa nie trwała w nieskończoność. Pod koniec XVIII w. nastąpiło gwałtowne załamanie połowów. Przełowione walenie stały się niebywałą rzadkością



w wodach cieśniny Fram, a do Whalers Bay wkroczył polarny lód. Wydawało się, że na zawsze.

PULS ATLANTYKU

Doktor Torgny Vinje z Norweskiego Instytutu Polarnego lubił grzebać w starych archiwach. W latach 80. ub.w. zagłębił się we wszelkie dostępne informacje o zasięgu arktycznego lodu.

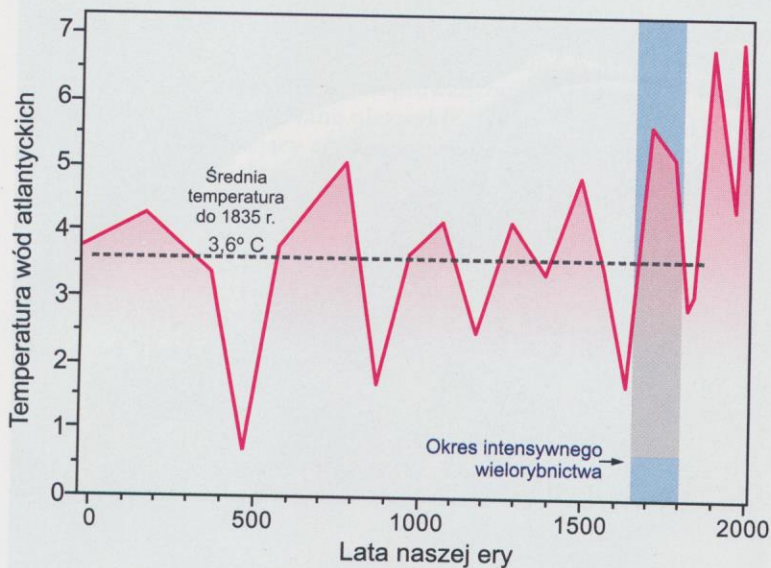
Najczęściej korzystał z dzienników okrętowych, w których dane również bywały niekompletne, a czasami błędne (np. zasięg sierpniowy podawano za kwietniowy), ale krok po kroku wyłaniał mu się obraz zmian granicy lodów w ciągu ostatnich stuleci. Od drugiej połowy XVII w. przez prawie 100 lat zachodnie wybrzeża Spitsbergenu bywały już wiosną

Ocieplenie Spitsbergenu związane jest z częstymi wlewami ciepłych wód atlantyckich w tym rejonie Arktyki.

Otwornice występujące w morskich osadach są wskaźnikiem zmian klimatycznych zachodzących w oceanie w przeszłości. Na zdjęciu *Neogloboquadrina pachyderma*.



W układzie prądów Morza Grenlandzkiego wyodrębni się obecnie dwie gałęzie ciepłych wód atlantyckich (kolor czerwony) wpływających w cieśninę Fram. Zimny Prąd Wschodniogrenlandzki zaznaczono na niebiesko.



Epizody wzmożonego napływu ciepłych wód atlantyckich ku Arktyce zdarzały się wielokrotnie w ciągu ostatnich 2000 lat. Wg R. Spielhagena i in. opr. Swerpel.

wolne od lodów. Był to jednocześnie okres największych połowów wielorybnych. Ich zakończenie zbiegło się z przesunięciem granicy lodów polarnych na południe, w stronę Europy. W kwietniu 1866 r. sięgnęła ona prawie wybrzeży Skandynawii i Islandii. Dla Vinjega najbardziej zaskakujące było to, że wielorybnicza hossa i cofnięcie się lodów na północ przypadły na okres tzw. małej epoki lodowej. Wyglądało to tak, jakby klimatyczny system Atlantyku miał dość chłódów i ocean plunął na północ większą ilość ciepłej wody. Vinje nie rozstrzygnął wówczas, jak często zdarzało się to w przeszłości. Udało się to dopiero kilka lat temu.

M SM5/5-712 to numer odwiertu położonego po wschodniej stronie cieśniny Fram, z którego w 2007 r. wydobyto rdzeń osadów „sięgających” ponad 2 tys. lat wstecz. Przez kilka lat pracował na tym

materiale międzynarodowy zespół kierowany przez dr. Roberta Spielhagena z niemieckiego instytutu GEOMAR. Pod lupą znalazła się m.in. okrzemka *Neogloboquadrina pachyderma* lewoskrętna, będąca dobrym wskaźnikiem zmian klimatycznych zachodzących w oceanie. Okazało się, że takie epizody napływu wyjątkowo ciepłych wód z północnych rejonów Atlantyku bywały długotrwałe. Powtarzały się co kilka dekad i trwały całymi latami, tak jak w czasach wielorybniczego boomu. Składały się z licznych krótkotrwałych wlewów cieplejszej wody. Ostatni taki epizod zaczął się w latach 80. XX w. i wciąż trwa. „Temperatury wody atlantyckiej napływającej do Oceanu Arktycznego od początku XXI w. są ewenementem w skali ostatnich 2 tys. lat” – stwierdzili autorzy badań w artykule, który ukazał się 6 lat temu w magazynie „Science”.

Kiedy w 2004 r. Kit Kovacs i Christian Lydersen, znawcy zwyczajów morskich ssaków z Norsk Polarinstittutt, założyli waleńiom nadajniki radiowe, aby prześledzić ich wędrówki, nie kryli zaskoczenia, gdy okazało się, że niektóre z nich zaczęły przemierzać trasę, którą opisywali kiedyś wielorybnicy. Wiodła ona ponoć wzdłuż wybrzeży Grenlandii, przez cieśninę Fram, aż na wody północnego Spitsbergenu. Tam, gdzie tworzy się w okresach ciepła wolna od lodów Whalers Bay. Napływ ciepła sprawił, że na północnych krańcach Atlantyku zaczęły zachodzić w środowisku zaskakujące zmiany.

POSZUKUJĄC PRZYCZYN

- W takich okresach obserwujemy anomalne zjawisko – woda atlantycka docierająca na północ jest znacznie cieplejsza niż normalnie i nie ma to związku z różnicami między latem i zimą – tłumaczy dr Agnieszka Beszczyńska-Möller z Instytutu Oceanologii PAN.
- Takie niezwykle ciepłe anomalie trwają po kilka ▶

Statek Norweskiego Instytutu Polarnego r/v „Lance” wmarzył w lodowe pole podczas prowadzenia badań na Oceanie Arktycznym zimą 2015 r.



lat, czasem dłużej. A ponieważ nakłada się na te kilkuletnie okresy powolne, ale stałe ogrzewanie wód oceanicznych, ilość ciepła dostarczana do Arktyki przez ocean podczas występowania anomalii gwałtownie wzrasta.

Kiedy w latach 80. XX w. Instytut Oceanologii PAN rozpoczął program badań polarnych na statku r/v „Oceania”, zjawisko ciepłych anomalii, niesionych z Atlantyku do Oceanu Arktycznego, było praktycznie nierozpoznane. Ale dobrze ustawiona siatka punktów pomiarowych, rozlokowanych wzdłuż zachodnich wybrzeży Spitsbergenu, interdyscyplinarny program badań oraz międzynarodowa współpraca zaczęły przynosić po 30 latach niespodziewane wyniki. Udało się np. określić częstość, z jaką anomalie pojawiają się ostatnio. – Z naszych pomiarów wynika, że maksyma i minima temperatury wody następują ostatnio co pięć, sześć lat – mówi prof. Waldemar Walczowski.

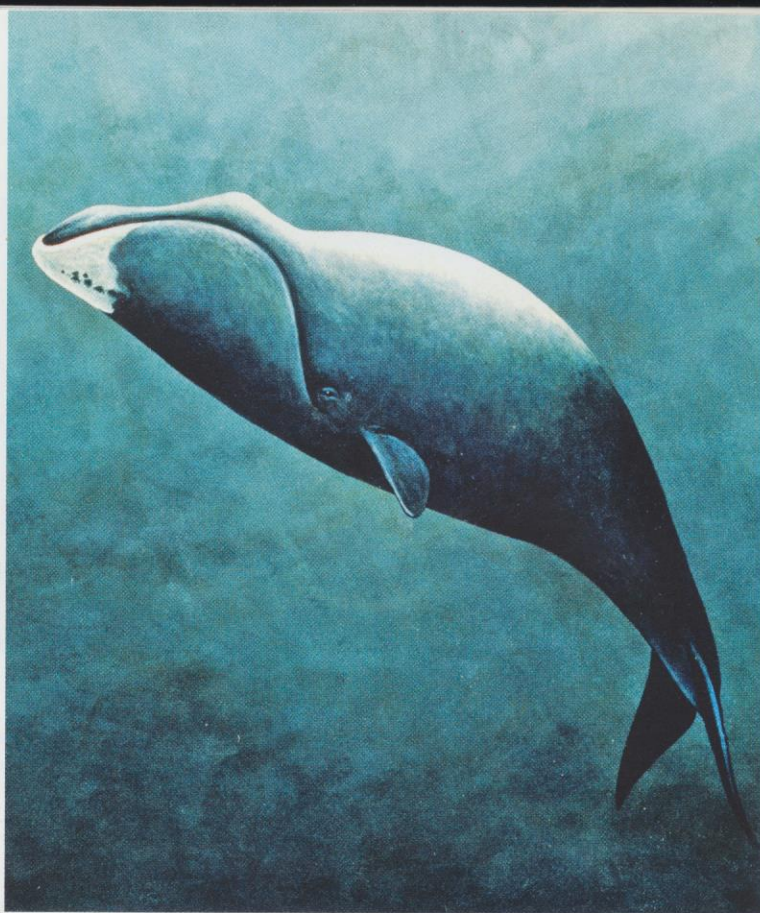
Co wywołuje owe anomalie, na razie nie wiadomo. Przyczyn może być bowiem kilka. Na przykład losy strumienia ciepłych wód atlantyckich zmierzającego na północ, do Oceanu Arktycznego. Po minięciu Skandynawii rozdziela się on na dwie gałęzie. Jedna wlewa się do Morza Barentsa, a druga płynie dalej wzdłuż zachodniego wybrzeża Spitsbergenu przez cieśninę Fram. Obie gałęzie tracą swoje ciepło, ale nierównomiernie. Aby rozwikłać zagadkę, co decyduje o ilości niesionego w nich ciepła, naukowcy z IO PAN i dwóch instytutów norweskich rozpoczęli kilka lat temu projekt badawczy PAVE. Jednym z głównych podejrzanych jest atmosfera, szczególnie wielkoskalowe układy niżów barycznych.

SPITSBERGEN OGRZEWA SIĘ OD WODY

W drodze ku Oceanowi Arktycznemu strumień ciepłych wód atlantyckich stopniowo się ochładza. Część swojego ciepła traci na topnienie napływającego lodu, co zdarzyć się może o każdej porze roku. Jeżeli ciepłe wody atlantyckie pozostają odkryte, to ciepło ulatnia się do atmosfery. I podgrzewa powietrze.

Kiedy ciepłe i słone wody tracą ciepło, stają się coraz cięższe i powoli się zanurzają. Od powierzchni oddziela je wówczas warstwa lżejszych, lecz chłodniejszych wód, powstających w basenie arktycznym. Dlatego czasami przyjmowano, że oddziaływanie ciepłych wód z Atlantyku na klimat regionu jest znikome. – Po latach walki z niektórymi klimatologami uważającymi, że ocean nie ma większego wpływu na klimat Spitsbergenu, możemy w końcu pokazać, że jest inaczej – mówi prof. Walczowski. – Mamy wieloletnie serie pomiarowe temperatury wody u południowych wybrzeży Spitsbergenu i temperatury powietrza ze znajdującej się tam polskiej stacji polarnej w Hornsundzie. Korelacja między nimi jest nadspodziewanie wysoka.

Od pewnego czasu podejrzewano również, że ciepło atlantyckich wód powoduje także wzmożone cielenie się tamtejszych lodowców. Niektóre cieleły się nawet



w czasie surowej zimy. Oceanolodzy z IO PAN zorganizowali kompleksowe badania, aby to sprawdzić. Tak powstał program AWAKE. – Chcieliśmy wiedzieć, jak woda atlantycka pod pływa pod czoło lodowca. Czy topi lód od dołu i przyspiesza tym samym cielenie – opowiada Walczowski. I, jak wspomina, najwcześniej odpowiedzi udzieliły lodowce. Kilka lat temu glaciolodzy ze stacji badawczej w fiordzie Hornsund zanotowali, że po raz pierwszy zaczęły cieleć się już w marcu. Kiedy przyjrano się wynikom pomiarów temperatury wód w fiordzie, zauważono, że już zimą pojawiły się w nim, na głębokości kilkudziesięciu metrów, ciepłe atlantyckie wody. A ponieważ ostatnio napływy tego ciepła zdarzają się coraz częściej, wody wzdłuż wybrzeży Spitsbergenu bywają często pozbawione lodu nawet zimą.

Na początku XXI w. sytuacja lodowa stała się podobna do tej z okresu wielorybniczego boomu. Granica paku w okresie zimy cofnęła się na północ od Spitsbergenu i Whalers Bay rzadko już zamarzała. W 2006 r. nastąpił jeden z największych napływów ciepłych wód atlantyckich w rejon cieśniny Fram. A gdy w kwietniu granica lodowego paku cofnęła się aż po 82° szerokości geograficznej północnej, specjaliści od ssaków morskich postanowili to wykorzystać. Wyruszyli na statku badawczym Norweskiego Instytutu Polarnego r/v „Lance”, by zinventaryzować w tamtym rejonie populację wala grenlandzkiego. Przeszukiwali obszar połyńi (naturalny obszar odkrytej wody w lodach) lornetkami, nasłuchiwali dźwięków, które odbierały spuszczone do toni wodnej hydrofony. Jak wspomina kierownik zespołu dr Øystein Wiig, naliczyli aż 20 walen. Wszystkie

Wal grenlandzki (*Balaena mysticetus*) jest najdłuższym żyjącym ssakiem (dożywa 200 lat). Wskutek połowów wielorybów znalazł się w czerwonej księdze gatunków zagrożonych. Jego populację oszacowano na 10 tys.

Widłonóg
Calanus
finmarchicus
to zooplankton
występujący
obficie w wodach
północnego
Atlantyku

Humbak
dotychczas nie
występował
w odległych
wodach Oceanu
Arktycznego.

Ciepłe wody
atlantyckie wpły-
wają do wnętrza
fiordu Hornsund,
docierając nawet
do najdalszych
jego krańców.
Rozkład tempera-
tur (°C) wody
wg danych
IO PAN opr.
A. Promińska.

przebywały na niewielkim obszarze, przy krawędzi szelfu. Dlaczego właśnie tam? W styczniu 2012 r., podczas badań prowadzonych w tym rejonie, zaobserwowano niezwykle zjawisko. Powodował je wiatr wiejący znad paku lodowego pokrywającego Ocean Arktyczny. Jego gwałtowne lodowate szkwały odganiały zimne powierzchniowe wody arktyczne. Na ich miejsce ok. 50 km od wybrzeża przy krawędzi szelfu wypływały z głębi na powierzchnię ciepłe wody atlantyckie, wnosząc z warstw przydennych odżywcze substancje, będące podstawą rozwoju łańcucha pokarmowego. Świat biologiczny Arktyki czekał teraz na słońce.

PRZEBUDOWA

Kiedy wczesną wiosną powierzchnię morza pokrywa jeszcze lód, na jego spodniej stronie zaczynają się już rozwijać mikroskopijne glony. To głównie okrzemki, takie jak *Nitzschia frigida*. Korzystając z dostępnego po stajaniu lodu promieniowania słonecznego, gwałtownie się namnażają, tworząc tzw. zakwit. Na ten moment czeka zooplankton, na przykład kalanus (widłonogi). Tak było do lat 90. XX w. – Ażeby kalanus mógł zjeść taką okrzemkę, musi być ona odpowiednich rozmiarów. Czyli taka, którą widzi i która nie przelatuje mu od razu przez aparaty gębowe – wyjaśnia prof. Józef Wiktor z IO PAN, który prowadzi badania nad polarnym planktonem. Obecnie nadmiar dostarczonego z atlantyckimi wodami ciepła komplikuje funkcjonowanie łańcucha pokarmowego. Lodu jest mniej, o wiele więcej natomiast zawiesiny wnoszonej z topniejących lodowców. To zmniejsza warstwę wody penetrowaną przez promienie słoneczne czasami do znikomych rozmiarów. Zakwit staje się trudny do przewidzenia. Czasami okrzemki zakwitają, a nie ma jeszcze ich konsumentów. Pokarm opada więc na dno i korzysta z niego tylko bentos. Dawniej pełne kwasów tłuszczowych polarne okrzemki stają się coraz bardziej mizerne i stopniowo są zastępowane przez inne drobne (o rozmiarze ok. 20 µm) jednokomórkowce: wiciowce, bruzdnice, jak również sinice. – Ten drobny fitoplankton musi najpierw zostać skonsumowany przez np. mniejsze od kalanusa ruchliwe orzęski – tłumaczy prof. Wiktor. – To dodatkowe ogniwo w łańcuchu pokarmowym, które może osłabić jego sprawność, ale może też ją podtrzymać,



jeśli w miejscowy zooplankton wmieszają się gatunki bardziej południowe.

Napływy ciepłej wody przynoszą duże ilości atlantyckich gatunków planktonu. W ślad za nimi przybywają ich naturalni konsumenci. Pojawiają się atlantycki dorsz, czarniak, plamiak czy karmazyn. Spotykano nawet makrele. Na pozbawione lodu wody Whalers Bay z powrotem przyplływają wieloryby, humbak czy wał grenlandzki. Zaobserwowano osobniki wala błękitnego i kaszalota. Prawdopodobny kierunek zmian, jakie ocieplanie Arktyki spowoduje w ekosystemie, jest wyraźny: produktywność ekosystemu morskiego na obrzeżach Oceanu Arktycznego będzie wzrastać, ale nie wszystkim organizmom będzie wiodło się dobrze.

– Zachodzące zmiany mogą być dramatyczne dla wysoce wyspecjalizowanych organizmów arktycznych. Brak pokrywy lodowej utrudni życie nie tylko związanym z lodem gatunkom planktonu, ale może mieć poważne konsekwencje np. dla niedźwiedzi polarnych, dla których podstawowe źródło pokarmu to foki upolowane właśnie na nim – dodaje dr Sławomir Kwaśniewski, kierujący Pracownią Ekologii Planktonu w IO PAN. – Wyniosą się, być może dalej na wschód, niektóre ptaki, np. alczyki, bo bez dostępu do źerowisk zasobnych w arktycznego kalanusa będą miały problemy z wyżywieniem piskląt. Opuszczone miejsca zajmą za to widzące swoją szansę gatunki, które przybędą z rejonów borealnych.

Nie będzie więc pustki, tylko przebudowa. Morski ekosystem arktyczny będzie funkcjonował dalej w zmienionej postaci.

Stawomir Swerpel

oceanograf, autor licznych artykułów popularnonaukowych

