

**Agnieszka Kujawa**

**„Bioróżnorodność i kompozycja izotopowa otwornic bentosowych Svalbardu w warunkach atlantyfikacji Arktyki Europejskiej**

Arktyka jest to obszar na który zmiany klimatu mają większy wpływ niż na jakikolwiek inny rejon (Comiso, 2003). Globalne ocieplenie prowadzi m.in. do recesji lodowców oraz zmniejszania się zasięgu lodu morskiego (Johannessen i in., 2004). Znaczący wpływ na zmniejszanie się objętości oraz zasięgu lodu morskiego w rejonie Svalbardu ma proces tzw. atlantyfikacji, czyli intensyfikacji napływu wód atlantyckich (AW) do Arktyki. Ostatnie badania dowiodły, że napływ ciepłych AW szczególnie przyczynia się do zmniejszania się morskiej pokrywy lodowej, i poprzez ogrzewanie warstwy podlodowej, prowadzi do znacznej utraty jej masy (Ivanov i in., 2016; Polyakov i in., 2017). Wszystko to wskazuje, że atlantyfikacja ma istotny wpływ na właściwości i funkcjonowanie ekosystemów (Hop i in., 2019). Jednak skuteczne przewidywanie zmian środowiskowych związanych z postępującą atlantyfikacją wymaga zarówno badań nad współczesnymi ekosystemami, jak i odniesienia do geologicznej przeszłości.

Otwornice są grupą organizmów powszechnie wykorzystywanych w badaniach paleośrodowiskowych. Dobre zachowywanie ich skorupki w osadach morskich, umożliwia wykorzystanie tych organizmów jako wskaźnika zmian warunków środowiskowych, takich jak temperatura i zasolenie wód, ale również dostępność tlenu i produktywność (Hald i in., 2001). Oprócz składu gatunkowego i liczebności otwornic, jednym z kluczowych pośrednich źródeł informacji (tzw. *proxy*) wykorzystywanych w badaniach paleoceanograficznych i paleoklimatycznych jest analiza składu izotopowego skorupki otwornic. Pozwala ona m.in. na rekonstrukcję objętości lodu, temperatury wód oraz zmian cyrkulacji oceanu (Shackleton i Opdyke, 1973; Zajączkowski i in., 2010a). Z tego powodu otwornice mogą być potencjalnie wykorzystywane jako wskaźniki atlantyfikacji. Jednak wpływ tego procesu na zbiorowiska otwornic bentosowych do tej pory nie był szczegółowo badany.

Celem niniejszej rozprawy doktorskiej jest zbadanie składu gatunkowego, liczebności i bioróżnorodności oraz składu izotopowego skorupki otwornic bentosowych w rejonie szelfu Svalbardu w warunkach postępującej atlantyfikacji tego obszaru. Dodatkowym celem jest wyznaczenie taksonów otwornic, które mogą być wykorzystywane jako wskaźniki atlantyfikacji.

Do badań wyznaczono 18 stacji pomiarowych w rejonie Svalbardu, różniących się pomiędzy sobą warunkami oceanograficznymi oraz sedymentacyjnymi. Spośród wyznaczonych do badań stacji pomiarowych 10 znajdowało się w fiordach (Isfjorden, Wijdefjorden i Rijpfjorden), a 8 pozostałych na szelfie w okolicach Nordaustlandet oraz Edgeøya. Dla każdej z badanych stacji wykonano analizy sedymentologiczne, mikropaleontologiczne oraz składu izotopowego skorupki otwornic.

Wyniki pomiarów hydrograficznych (CTD) wykazały wyraźny podział stacji pomiarowych ze względu na różnice w napływie AW w obrębie Svalbardu. Atlantyfikacja tego obszaru postępuje od strony zachodniej w kierunku północnym i dalej na wschód archipelagu. Fiordy zachodniego Svalbardu są silnie zatlantyfikowane, na stacjach północnego Svalbardu AW ulega silnej transformacji w kontakcie z lodem morskim i ArW. Natomiast rejon wschodni archipelagu znajduje się dopiero w fazie inicjalnej atlantyfikacji przy bardzo silnym udziale wód lokalnych oraz wód Morza Barentsa.

Zgrupowania otwornic na zachodzie Svalbardu (Isfjorden i Rijpfjorden) odzwierciedlały silną atlantyfikację tego rejonu. Charakteryzowała je dominacja tzw. gatunków atlantyckich, czyli korelowanych z wyższą temperaturą oraz występowaniem AW – przede wszystkim *N. labradorica*, *A. glomeratum* i *R. turbinatus*. Miejscowo notowano

również gatunek *B. frigida*, który bywał wiązany nie tylko z wpływem AW, ale również z sezonowym występowaniem lodu morskiego. W obu fiordach  $\delta^{18}\text{O}$  osiągał wysokie wartości, typowe dla środowisk zdominowanych przez AW.

Warunki oceanograficzne na północy Svalbardu (Rijpfjorden oraz stacja N) były kształtowane przez napływ AW oraz zimnych wód z Oceanu Arktycznego, niosących pak lodowy. Wpływ AW skutkował wysoką bioróżnorodnością otwornic, przewagą gatunków aglutynujących oraz relatywnie wysokimi wartościami  $\delta^{18}\text{O}$  w skorupkach otwornic. Ponadto, po raz pierwszy w tym rejonie odnotowano borealny gatunek *M. affinis*. Jest to pierwsza obserwacja tego gatunku na północy Svalbardu. Na stacjach z tego rejonu dominował atlantycki gatunek *A. glomeratum* wraz z gatunkiem *T. nana* wiązany z zimnymi wodami i lodem morskim co wskazuje, że rejon ten znajduje się w stanie przejściowym z arktycznego do atlantyckiego.

Wyniki CTD wskazały, że środowisko morskie wschodniego Svalbardu (rejon Nordaustlandet oraz Edgeøya) znajdowało się pod słabszym wpływem AW oraz TAW w porównaniu do obszaru zachodniego oraz północnego. Stacje badawcze na wschodnim szelfie Svalbardu znajdowały się pod bezpośrednim wpływem lodowców uchodzących do otwartego morza, o różnym stopniu recesji, co znacząco wpływało na zróżnicowanie warunków środowiskowych. Środowisko w obrębie Nordaustlandet oraz Edgeøya było kształtowane przez mieszające się wody w strefie frontalnej, które prowadziły do szybkich zmian w zbiorowiskach otwornic. Cały obszar wschodniego Svalbardu odznaczał się dominacją gatunków oportunistycznych *C. reniforme* oraz *E. clavatum*, które świadczyły o silnie zaburzonym środowisku w pobliżu lodowców. Natomiast gatunek *T. nana* na zewnętrznych stacjach wschodniego Svalbardu wskazywał na dopływ zimnych wód z Oceanu Arktycznego. W obszarze Nordaustlandet dominował również gatunek *B. frigida*, który wskazuje na wpływ AW oraz TAW, ale także na obecność wieloletniego lodu morskiego docierającego w rejon Nordaustlandet wraz z wodą z Oceanu Arktycznego. Pomimo dominacji kilku arktycznych gatunków w rejonie Edgeøya, obecność gatunków atlantyckich: *N. labradorica*, *A. glomeratum* i *R. turbinatus* sugerowała krótkookresowy, ale intensywny napływ AW.

Zmiany bioróżnorodności, liczebności oraz składu izotopowego skorupki otwornic potwierdzają występowanie różnych stadiów atlantyfikacji środowiska morskiego Svalbardu. Potwierdza to, że otwornice mogą być wykorzystywane jako wskaźnik atlantyfikacji. Uzyskane dane nie tylko pozwalają prześledzić wpływ atlantyfikacji na współczesne ekosystemy arktyczne, ale również stanowią ważne odniesienie dla badań paleoceanograficznych.