

Ilona Goszczko

„Water mass transformation in the region influenced by the West Spitsbergen Current”

Nadrzędnym celem rozprawy doktorskiej jest zaprezentowanie zależności między różnymi elementami powłoki kuli ziemskiej: oceanem, atmosferą, kriosferą a ocieplającym się klimatem globalnym, bazując na integracji danych pochodzących z różnych źródeł i mających zastosowanie do różnych skal czasowych i przestrzennych, a także wpływu tych powiązań na transformację mas wodnych w rejonie będącym pod wpływem Prądu Zachodniospitsbergeńskiego.

Cele szczegółowe pracy dotyczyły, między innymi: wymiany mas wodnych między szelfem a głębokimi basenami w obszarze Zachodniego Spitsbergenu w okresie zimowym; związku napływu ciepłej i słonej wody Atlantyckiej na wschód zimą z reżimami pogodowymi w rejonie Północnego Atlantyku; formowania warstwy wymieszanej, parametryzowanej przez jej głębokość (MLD); zmian w zimowej konwekcji, w związku z ewolucją stratyfikacji w Morzach Nordyckich oraz zmianami w cyrkulacji atmosferycznej; wykorzystania substancji biogenicznych rozpuszczonych w wodzie morskiej jako traserów mas wodnych w powiązaniu z wynikami z pomiarów hydrograficznych wykonanych podczas rejsów AREX 2013-2015.

Do oceny wymiany mas wodnych zachodzącej w obrębie skłonu i szelfu Zachodniego Spitsbergenu w trakcie 4 okresów zimowych (2011-2014) posłużyły serie czasowe z pionów pomiarowych, profile temperatury i zasolenia zebrane przez nurkującą fokę pospolitą wyposażoną w zestaw czujników i nadajnik satelitarny, dane z reanalizy atmosferycznej ERA-Interim ECMWF oraz informacje na temat reżimów pogodowych. Oszacowano transport powierzchniowy wymuszony wiatrem (transport Ekmana) w poprzek i wzdłuż krawędzi szelfu i powiązано jego wielkość z częstością występowania czterech reżimów pogodowych występujących w rejonie Północnego Atlantyku (NAO⁺, NAO⁻, „Scandinavian Blocking” - SB, „Atlantic Ridge” - AR).

W wyniku analiz statystycznych uzyskano wysokie korelacje dla parametrów zmierzonych na szelfie i transportu Ekmana w kierunku poprzecznym do krawędzi szelfu, dowodząc istotnej roli wiatru w kształtowaniu warunków hydrograficznych na szelfie zimą. Otrzymane wyniki potwierdzają, że zarówno “upwelling” jak i “downwelling” może powodować wzrost temperatury i zasolenia w wyniku napływu wody Atlantyckiej na obszar dominacji zimniejszej i mniej zasolonej wody pochodzenia arktycznego, tj. rejonu najbliższe brzegu Spitsbergenu, gdzie Prąd Sørkapski transportuje masy wodne z Morza Barentsa.

Uzyskane wyniki potwierdzają, że cztery analizowane zimy różniły się pod względem przeważających reżimów pogodowych. W roku 2011 dominował układ ciśnienia charakterystyczny dla ujemnej fazy NAO, w 2014 układ charakterystyczny dla fazy dodatniej, zimy 2012 i 2013 stanowiły okres przejściowy między fazą ujemną a dodatnią NAO, z różnym udziałem SB i AR. Wzmożenie transportu Ekmana skierowanego do lądu związane jest z częstszym występowaniem silnych wiatrów z kierunku południowego i szczególnie istotne było zimą w 2012 roku.

W pracy przedstawione zostały również parametry (kierunek i prędkość) prądów głębinowych (1000m) w Morzu Grenlandzkim i Norweskim, oparte o dane z pływaków Argo (profilujących na przestrzeni lat 2001-2013), które dostępne są jako gotowy produkt ANDRO. Widoczny jest układ zbliżony do cyrkulacji powierzchniowej, z silnym prądem usytuowanym wzdłuż wschodniego skłonu kontynentalnego i skierowanym na północ (Prąd Zachodniospitsbergeński) oraz wzdłuż zachodniego skłonu kontynentalnego (Prąd

Wschodniogrenlandzki), wyraźna recyrkulacja w głębokich basenach oraz mniejsze komórki zlokalizowane w obszarach zmieniającej się topografii dna. Analiza danych z pływaka Argo zwodowanego latem w 2014 roku z pokładu RV Oceanii potwierdza znaczenie podwodnych grzbietów i depresji w modyfikowaniu szlaków transportu mas wodnych.

Szacunki zimowej wartości MLD różnią się znacznie, w zależności od zastosowanego kryterium – za najbardziej miarodajny uznać można algorytm gęstościowy, który w przeciwieństwie do metody prognozy jest mniej wrażliwy na gwałtowne skoki wartości temperatury lub zasolenia. Uzyskane wyniki wskazują, że w rejonie oddziaływania Prądu Zachodniospitsbergeńskiego w ostatnich latach (2012-2016) zimą, na poziomie MLD nastąpił wzrost temperatury i zasolenia, przy jednoczesnym spadku gęstości wody.

Pomiary hydrograficzne (CTD) wykonane w trakcie rejsów AREX 2013-2015 w większej części obejmowały rejon na zachód od Spitsbergenu wyraźnie zdominowany przez napływającą w powierzchniowej warstwie ciepłą i zasoloną wodę z Oceanu Atlantyckiego i produkty jej transformacji. Prócz klasycznych parametrów fizykochemicznych (temperatura, zasolenie, gęstość) do identyfikacji mas wodnych zastosowano trasery chemiczne, tj. różne stężenia rozpuszczonych substancji nieorganicznych (azotanów, azotynów, fosforanów i krzemianów). W celu wykonania tych badań, w latach 2013-2015 pobrano próby wody z sześciu poziomów głębokości na 131 stacjach CTD.

Masy wodne różniące się pochodzeniem (tutaj atlantyckim, arktycznym lub polarnym) charakteryzują różne stosunki (według koncepcji Redfielda) tych rozpuszczonych związków. Uzyskane wyniki pozwoliły na oszacowanie stosunków Si:P oraz N:P, którego podwyższona wartość dla prób zebranych latem 2015 w stosunku do tych zebranych w latach 2013-2014 (23 vs 19), sugeruje zwiększenie frakcji wody pochodzenia atlantyckiego. Potwierdzają to diagramy θ -S wykonane dla górnej warstwy morza (100 i 400 m) oraz wykonana klasyfikacja mas wodnych na podstawie parametrów fizykochemicznych (temperatura, zasolenie, gęstość).

Prace nad rozprawą doktorską przypadły na niezwykle interesujący moment w ewolucji stanu termicznego Północnego Atlantyku. Po latach rejestracji wyższych od średniej wieloletniej temperatur (szczególnie w warstwie powierzchniowej) w roku 2014 i 2015 odnotowano spadek temperatury powierzchniowej morza, szczególnie w części najbardziej zachodniej. Było to związane ze zmianami w cyrkulacji atmosferycznej i zimowej wartości indeksu NAO. W okresie tych znaczących zmian w Północnym Atlantyku, wartości temperatury i zasolenia w Morzu Norweskim, Grenlandzkim i Barentsa w warstwie powierzchniowej w 2015 roku były wciąż wyższe od średniej wieloletniej, choć niższe niż zanotowane w 2006-2007 roku.

Dalsze analizy odpowiedzieć mogą na pytanie, w jakim stopniu w badanym obszarze w ostatnich latach (2014-2016) procesy te uległy zmianie w kontekście obserwacji w innych częściach Północnego Atlantyku.