

Małgorzata Merchel

„Zmienność właściwości oraz rozkładu przestrzennego wód głębinowych i pośrednich w Morzach Nordyckich w latach 1998-2017”

Morza Nordyckie są jednym z czterech głównych miejsc na Ziemi, w obrębie których powstaje gęsta woda pośrednia i głębinowa. Wody te odgrywają olbrzymią rolę w globalnym systemie klimatycznym:

- ich formowanie i adwekcja wymusza cyrkulację termohalinową, która rozprowadza ciepło, tlen oraz substancje odżywcze po całym oceanie i jest istotnym czynnikiem klimatotwórczym;
- magazynują znaczącą część nadmiaru ciepła zatrzymywanego w systemie klimatycznym Ziemi wskutek efektu cieplarnianego;
- zmiana ich objętości wskutek ocieplania przyczynia się znacząco do wzrostu poziomu morza;
- woda głębinowa stanowi główny zbiornik rozpuszczonego dwutlenku węgla, który wskutek ocieplania się oceanów może być uwalniany do atmosfery.

Poznanie skali oraz przyczyn zmian właściwości fizycznych wód pośrednich i głębinowych w obrębie Mózr Nordyckich jest niezwykle ważne dla lepszego zrozumienia globalnych zmian klimatycznych i przewidywania przyszłych trendów tych zmian.

Głównym celem rozprawy doktorskiej było zbadanie zmienności czasowej i przestrzennej właściwości fizycznych wód pośrednich i głębinowych w Morzach Nordyckich w latach 1998–2017. Szczególna uwaga była skierowana na oszacowanie wielkości zmian temperatury, zasolenia oraz zawartości ciepła i soli w badanych warstwach wody oraz określenie przyczyn tych zmian. Niewątpliwym atutem pracy jest wykorzystanie dokładnie powtarzających się czasowo i przestrzennie danych hydrograficznych z badanego okresu. Dodatkowo przedstawiono w pracy niepublikowane wcześniej dane dotyczące przydennych prądów morskich z obszaru Mózr Nordyckich.

W pracy zostały wykorzystane dane CTD z lat 1998–2017, pozyskane podczas corocznych rejsów statku badawczego Instytutu Oceanologii PAN *r/v Oceania* w rejon Mózr Nordyckich. Do analizy dynamiki wód głębinowych zostały użyte dane z Opuszczanego Akustycznego Dopplerowskiego Prądomierza Profilującego z lat 2008–2017. Ponadto, w pracy wykorzystano również dane z pływaków Argo, pochodzące z drugiej dekady analizowanego okresu (2008–2017), z rejonu zbliżonego powierzchnią do obszaru corocznych pomiarów hydrograficznych, wykonywanych w miesiącach letnich przez IO PAN w czasie ekspedycji AREX.

W pracy scharakteryzowano międzyletnią zmienność właściwości wody powierzchniowej, pośredniej i głębinowej na trzech wybranych przekrojach. Reprezentują one odpowiednio: południową – sekcja K, środkową – sekcja N oraz północną część – sekcja EB-2 analizowanego obszaru. Największy wzrost temperatury i zasolenia, we wszystkich trzech warstwach, miał miejsce na przekroju N. Jest to rejon szczególnie ważny ze względu na sąsiadujące z nim obszary, gdzie tworzą się gęste wody pośrednie i głębinowe: od zachodu Morze Grenlandzkie oraz od wschodu zatoka Storfiord. Z trzech analizowanych przekrojów, w obrębie sekcji K odnotowano najmniejszy wzrost temperatury w warstwie powierzchniowej i pośredniej oraz najmniejszy wzrost zasolenia we wszystkich trzech analizowanych warstwach. Jako jedyny z trzech przekrojów miał większy wzrost temperatury w warstwie głębinowej niż w warstwie pośredniej. Bardzo duży wpływ na dynamikę przepływów w badanym rejonie odgrywa Grzbiet Knipowicza, który wznosi się w tym obszarze ok. 1000–1500 m ponad powierzchnię sąsiadującego dna oceanicznego. Wpływa to na ograniczenie swobodnego przepływu wód z Morza Grenlandzkiego do wschodniej części badanego

obszaru. W obrębie tych dwóch sekcji zmiany temperatury wód pośrednich i głębinowych w zachodniej części obszaru zachodziły szybciej niż w części wschodniej obrębie sekcji EB-2. Grzbiet Knipowicza jest słabo zarysowany i łagodnie wznosi się ponad otaczające go dno oceaniczne (~300 m), przez co nie blokuje swobodnego przepływu wód w tym obszarze. Z tego powodu sekcja EB-2 nie wykazuje zauważalnych różnic pomiędzy dwiema stacjami, znajdującymi się po obu stronach Grzbietu Knipowicza.

Międzyletnia zmienność zawartości ciepła i soli w kolumnie wody została przedstawiona na podstawie danych z trzech wspomnianych sekcji. Dane te pokazują, że badany region jest bardzo skutecznym zbiornikiem ciepła, a tempo ocieplenia jest tu znacznie wyższe niż średnie tempo ocieplenia dla całego oceanu. Woda pośrednia magazynuje 19 % nadwyżki ciepła, a woda głębinowa 38%. Potwierdza to, że nie tylko wody powierzchniowe, ale również wody głębinowe i pośrednie są znaczącymi zbiornikami ciepła. Nadwyżka ciepła zmagazynowanego w analizowanym rejonie transportowana przez Prąd Zachodniospitsbergeński do Oceanu Arktycznego może mieć istotny wpływ na topnienie arktycznego lodu morskiego i zmiany klimatu.

Sezonowa zmienność właściwości wody powierzchniowej, pośredniej i głębinowej została scharakteryzowana na podstawie danych z pływaków Argo z lat 2008–2017. W warstwie powierzchniowej wyraźnie widać zmienność sezonową temperatury i zasolenia. W warstwie pośredniej zmienność sezonowa jest nadal widoczna, ale w znacznie mniejszym stopniu niż w warstwie powierzchniowej. Warstwa głębinowa praktycznie nie podlega wahaniom sezonowym co oznacza, że mają na nią wpływ zmiany długoterminowe. Wyniki analiz danych pochodzących z pływaków Argo są zgodne z wynikami pochodzącymi z letnich kampanii pomiarowych AREX. W obu przypadkach największy wzrost temperatury i zasolenia był obserwowany latem w zachodniej części badanego obszaru. Na podstawie danych z tych dwóch różnych źródeł można niewątpliwie stwierdzić, że w badanym okresie czasu zarówno woda pośrednia jak i głębinowa uległy niepokojącemu ociepleniu. Wyniki pokazują również, że dane z pływaków Argo mogą służyć do rozszerzenia czasowego oraz przestrzennego serii pomiarowych pochodzących ze statków badawczych.

Dynamika warstwy przydennej została scharakteryzowana na podstawie pomiarów LADCP z lat 2008–2017. Największe prędkości przydennej prądów morskich występowały na szelfie oraz na skłonie kontynentalnym zachodniego Spitsbergenu. W tych rejonach najczęściej odnotowano prądy o prędkościach powyżej 30 cm s^{-1} . W rejonach o głębokości większej niż 2000 m składowa wschodnia 'u' wykazywała większą zmienność międzyletnia niż składowa północna 'v'. Najniższe prędkości przydennej prądów morskich występowały w obrębie głębokich basenów oceanicznych. W latach 2008–2012 występowały znacznie mniejsze wartości przepływu niż w latach 2014–2017.

Dzięki przeprowadzonym badaniom rozszerzono wiedzę z zakresu fizycznych właściwości wody morskiej oraz jej cyrkulacji w rejonie Mórz Nordyckich. Zdobyta w ten sposób wiedza może posłużyć do weryfikacji modeli hydrodynamicznych, jak również może być przydatna w kontekście analiz zmian środowiskowych. Zgromadzone dane pomiarowe rozszerzyły istniejącą serię pomiarową właściwości fizycznych wody morskiej, która w następstwie przyczynia się do dalszego rozwoju oceanografii Mórz Nordyckich.