

Streszczenie (abstract in Polish)

Niniejsza rozprawa doktorska koncentruje się na badaniu hydrodynamiki antarktycznych zatok lodowcowych. Obszarem badawczym jest Zatoka Admiralicji (Admiralty Bay; AB) na Wyspie Krola Jerzego, stanowiąca reprezentatywny przykład zatoki lodowcowej w regionie Zachodniego Połwyspu Antarktycznego (West Antarctic Peninsula, WAP). Celem pracy jest określenie roli dopływu wody lodowcowej i wiatru w kształtowaniu cyrkulacji i produktywności biologicznej tych akwenów.

Rozprawa doktorska obejmuje trzy publikacje (dwie opublikowane, jedną po pierwszej rundzie recenzji), w których zrealizowano sześć celów w badawczych. Osiągnięcie tych celów było możliwe dzięki połączeniu analizy danych obserwacyjnych z trójwymiarowym modelowaniem numerycznym. W okresie od grudnia 2018 roku do marca 2023 roku zgromadzono obszerny zbiór danych pomiarowych, szczególnie opisujący własności wody w AB. Dane te dokumentują sezonową zmienność parametrów fizycznych, chemicznych i biologicznych. Do symulacji hydrodynamiki zatoki, uwzględniającej dopływ wody lodowcowej oraz oddziaływanie wiatru, zastosowano model Delft3D. Dodatkowo, sprzężony z nim model Lagrange'a posłużył do śledzenia transportu potencjalnych źródeł zelaza, jak również penetracji wody oceanicznych. Monitorowanie przepływu cząstek zawierających żelazo jest szczególnie istotne, ponieważ stanowi ono czynnik ograniczający produkcję pierwotną w Oceanie Południowym.

Ogólny wzorec cyrkulacji w AB obejmuje intensywny prąd wpływający do zatoki wzdłuż jej zachodniego brzegu oraz prąd wypływający na wschodzie, który eksportuje wody pochodzenia lodowcowego. Wymianę wody pomiędzy zatoką a oceanem modulują dwie cyklonalne komórki cyrkulacyjne. Oddziaływanie oceaniczne odgrywa kluczową rolę w kształtowaniu cyrkulacji w AB. Należy jednak zaznaczyć, że znaczący wzrost dopływu wody lodowcowej może modyfikować cyrkulację w mniejszych, wewnętrznych zatokach AB.

Praca zawiera również ilościową ocenę zmienności sezonowej dopływu wody lodowcowej do antarktycznej zatoki lodowcowej. Szacowany wkład lodowcowy z AB w ogólny dopływ słodkiej wody do Oceanu Południowego mieści się w zakresie od 0.434 do 0.632 Gt/rok, przy czym wartości maksymalne obserwowane są pod koniec lata, a minimalne w okresie zimy i wiosny.

Badania wskazują, że w AB dominują wiatry zachodnie, choć najsilniejsze sztormy wykazują tendencję do występowania z kierunku wschodnich. Oba te kierunki wiatru są prostopadłe do głównej osi zatoki. Niniejsza praca bada wpływ tych prostopadłych kierunków wiatru na kształtowanie hydrodynamiki AB. Zwiększona prędkość wiatru podnosi energię kinetyczną i

redukuje stratyfikację w kolumnie wody, a kierunek wiatru odgrywa istotną, choć dotychczas niedocenianą rolę. Wiatry zachodnie sprzyjają retencji wód wewnątrz AB, generując wiry submezoskalowe, które akumulują masy wodne wraz z cząstkami bogatymi w żelazo. Ta akumulacja może sprzyjać tworzeniu lokalnych stref podwyższonej produktywności pierwotnej. Z kolei wiatry wschodnie powodują szybki eksport mas wodnych z zatoki, co prawdopodobnie wpływa negatywnie na produkcję pierwotną w AB. Wnioski dotyczące wpływu lokalnych wiatrów na produkcję pierwotną w AB znajdują potwierdzenie w danych pomiarowych oraz satelitarnych. Jednakże, ze względu na ograniczenia tych źródeł danych, dalsze obserwacje są niezbędne dla pełnego potwierdzenia tej hipotezy. Niemniej jednak, wyniki wskazują, że wiatry prostopadłe względem osi zatoki, w zależności od ich zwrotu, mogą stymulować lub hamować produktywność biologiczną w szerokich zatokach lodowcowych.

Wyniki niniejszej rozprawy doktorskiej poszerzają naszą wiedzę na temat hydrodynamiki antarktycznych zatok lodowcowych oraz zmian w nich zachodzących w odpowiedzi na zmiany klimatyczne. W obliczu prognozowanego wzrostu dopływu wód roztopowych z lodowców oraz zmian w reżimach wiatrowych, wnioski płynące z tych badań mogą być wykorzystane do prognozowania przyszłych zmian w regionie WAP. Wyniki podkreślają kluczowe znaczenie uwzględniania lokalnej geomorfologii oraz realistycznego modelowania oddziaływania wiatru w badaniach hydrodynamiki zatok lodowcowych. Co więcej, opracowana metodologia obejmująca zbiór danych obserwacyjnych, model hydrodynamiczny i szczegółową batymetrię stanowi cenne narzędzie dla przyszłych badań w tym kluczowym obszarze.