

Igor Niezgodzki

Tytuł:

Wpływ CO₂ oraz przejść morskich na paleośrodowisko regionu Arktycznego w późnej kredzie: Testy czułościowe z użyciem modelu systemu Ziemi

Tytuł angielski:

Impact of CO₂ and Gateways on the Late Cretaceous Paleoenvironment in the (sub)Arctic Region: Sensitivity Studies with an Earth System Model

Promotor:

Dr hab. Jarosław Tyszka

Promotor pomocniczy:

Dr Gregor Knorr

ABSTRAKT

Ocean Arktyczny gra kluczową rolę w dzisiejszym systemie klimatycznym za sprawą swojej całorocznej pokrywy lodowej. Na skutek emisji gazów cieplarnianych przez człowieka i związanego z tym globalnego ocieplenia pokrywa ta zmniejsza się. Jej prawdopodobny sezonowy zanik będzie miał istotne znaczenie na panujące na Ziemi warunki klimatyczne jeszcze w tym wieku. Poznanie głównych czynników kontrolujących zanik lodu morskiego w Arktyce oraz wartości progowych CO₂ w przeszłości geologicznej, przy których lód morski zanikał, nabierają więc szczególnego znaczenia.

Głównym celem pracy jest zbadanie wpływu CO₂ i przejść morskich w regionie sub/arktycznym na klimat północnego regionu polarnego w późnej kredzie (~100.5 - 66 mln lat temu). W szczególności, przeprowadzono dokładną analizę wpływu obu czynników na temperaturę powierzchniową w wyższych północnych szerokościach geograficznych i powstawanie lodu morskiego w Oceanie Arktycznym. Dodatkowo w pracy porównano wyniki modelowania z rekonstrukcjami paleoklimatycznymi na podstawie danych geologicznych, co pozwoliło określić wpływ czynników kontrolujących klimat w skali globalnej jak i regionalnej.

W pracy wykazano, że głównym czynnikiem kontrolującym globalną temperaturę jest CO₂,

natomiast przejścia morskie między Oceanem Arktycznym, a północnym proto-Atlantykiem mają istotny wpływ na klimat regionalny. Zasugerowano, że brak zgodności między symulowanymi a rekonstruowanymi temperaturami w wysokich szerokościach geograficznych może wynikać z niepewności w interpretacji danych geologicznych w strefie arktycznej. Mogą one wskazywać na temperatury letnie, a nie całoroczne. Pozwala to wówczas na uzyskanie lepszej zgodności z symulowanymi temperaturami z niższym, bardziej realistycznym CO₂, równym około trzy do cztero-krotnej wartości poziomu przed-industrialnego, wynoszącego 280 ppm. Ponadto, w symulacjach zauważono, że postępująca izolacja Oceanu Arktycznego u schyłku kredy, razem ze spadającym stężeniem atmosferycznego CO₂, sprzyjają powstawaniu sezonowej pokrywy lodowej w oceanie. Dzieje się tak, na skutek wysładzania wód powierzchniowych w oceanie oraz adwekcji zimnego, kontynentalnego powietrza znad Ameryki Północnej nad Ocean Arktyczny. Sugeruje to możliwość istnienia sezonowego lodu morskiego nawet w klimacie cieplarnianym późnej kredy, a także na chłodniejszy niż przypuszczano wcześniej klimat w północnym regionie polarnym. Dodatkowo, na podstawie cyst tych samych gatunków bruzdnic pochodzących zarówno z Morza Grenlandzko-Norweskiego jak i Morza Środkowego-Zachodu wskazano na możliwą migrację organizmów poprzez Cieśninę Hudsona, która mogła bezpośrednio łączyć oba baseny w późnej kredzie.

ABSTRACT

The Arctic Ocean plays a key role in the present climate system due to its permanent sea-ice cover. As a result of human greenhouse gases emissions and associated warming, the sea-ice area in the Arctic Ocean decreases. Its likely seasonal disappearance will have important effect on a global climate already in this century. Therefore, investigating key factors controlling the presence and absence of sea-ice as well as potential CO₂ thresholds in the Earth's past above which sea-ice disappeared is of importance.

My dissertation investigates the effect of CO₂ and the (sub)Arctic gateways configurations on the Late Cretaceous (~100.5 - 66 Ma) climate in the northern polar region. In particular, I analyze the effect of these two factors on surface temperature in the northern high latitudes and a sea-ice formation in the Arctic Ocean. I also compare modeling results with a proxy based climate reconstructions. This approach allowed me to separate factors controlling global and regional climate.

The investigations show that CO₂ has a dominant effect on global surface temperature, while the influence of gateways between the Arctic Ocean and North proto-Atlantic Basin is limited to a regional scale. I propose that the mismatch between the proxy-based temperature reconstructions and modeled temperatures in the high latitudes can be caused by biased proxy data interpretations, which can be shifted toward summer temperatures. Taking this into account, proxy-based temperatures allow for a better data/model match, if compared with simulated summer temperatures with more realistic CO₂ levels of 3-4x the pre-industrial level of 280 ppm. Furthermore, the results show that progressing isolation of the Arctic Ocean towards the end of the Cretaceous, together with declining atmospheric CO₂ concentrations, facilitate sea-ice formation in the ocean. This is a result of freshening of surface Arctic waters and advection of cold, continental air from North America to the Arctic Ocean. This suggests the possibility of sea-ice formation in the central Arctic Ocean even in the greenhouse climate of the latest Cretaceous. Additionally, the results indicate that the presence of the same species of dinoflagellata cysts in the cores from Western Interior Seaway and Greenland-Norwegian Sea can result from the migration of the organisms via the Hudson Seaway, which could have directly connected both basins in the Late Cretaceous.