

CHŁÓD Z CIEPŁA WÓD

UNSPLASH_WWW.PIXABAY.COM



Dr hab.

Paweł Schlichtholz,prof. nadzwyczajny
IO PAN

pracuje w Zespole
Dynamiki Klimatu
(www.iopan.gda.
pl/ClimateDG/). Na
projekt „Predykcyjność
zmienności zimowego
klimatu Eurazji związana
z oceanicznymi
anomaliami ciepła
w Morzach Nordyckich
i Północnym Atlantyku”
otrzymał w 2016 r. grant
Narodowego Centrum
Nauki w konkursie
OPUS 11 (nr 2016/21/B/
ST10/01446).

schlicht@iopan.gda.pl

Mimo wieloletnich badań wciąż nie znamy wszystkich zależności pomiędzy poszczególnymi składowymi klimatu. Możliwe, że cyrkulacja wód oceanicznych ma dużo większe znaczenie, niż przypuszczaliśmy do tej pory.

dr hab. Paweł SchlichtholzInstytut Oceanologii
Polska Akademia Nauk, Sopot

Od około początku XXI w. na półkuli północnej zachodzi zaskakujące zjawisko klimatyczne o konsekwencjach odczuwanych przez społeczeństwa wielu krajów. Często zdarzają się tutaj stosunkowo srogie zimy kontynentalne, szczególnie w Eurazji. W ostatnim trzydziestolecu siedem z dziesięciu najchłodniejszych zim na tym kontynencie (klasyfikowanych według powierzchniowej temperatury powietrza uśrednionej od grudnia do marca) odnotowano w drugiej połowie tego okresu (2002–2016). Te chłodne zimy i związane z nimi ekstrema pogodowe pojawiają się mimo wzrostu średniorocznej tempera-

tury powietrza nad lądami związanego z globalnym ociepleniem. W tym samym czasie postępuje zjawisko intensyfikacji tzw. amplifikacji arktycznej, czyli szybszego wzrostu temperatury powietrza w Arktyce niż średniej globalnej. Oba zjawiska, być może zależne od siebie, uwiadcniają się w wielkoskalowych rozkładach średniozimowych anomalii temperatury powietrza w formie wyraźnego dipola zwanego „ciepła Arktyka/zimne kontynenty”, „ciepła Arktyka/zimna Eurazja” lub „ciepła Arktyka/zimna Syberia” w zależności od lokalizacji i zasięgu „zimnych plam” kontynentalnych. „Ciepłe plamy” arktyczne też zmieniają swoje położenie z roku na rok.

Amplifikacja arktyczna w dużej mierze wiąże się z dramatycznym topnieniem lodów Arktyki. Pojawiają się coraz liczniejsze przesłanki za tym, że to właśnie anomalie zasięgu lodu morskiego w Arktyce wpływają na klimat i ekstrema pogodowe w umiarkowanych szerokościach geograficznych. Pierwsze publikacje na ten temat sugerowały, że w szczególności jesienno-zimowa cyrkulacja atmosferyczna, temperatura po-

KLIMAT EURAZJI A OCEANICZNE ANOMALIE W ARKTYCE

wietrza i opady śniegu na kontynentach „pamiętają” anomalie zasięgu lodu arktycznego z poprzedniego lata. Dalsze badania pokazały, że „pamięć” ta bywa wybiórcza, tj. działa w niektórych okresach lub latach, a w innych zawodzi. Zależność zimowych warunków klimatycznych i ekstremów pogodowych w Eurazji od równoczesnych anomalii zasięgu lodu arktycznego, szczególnie jego zasięgu w rejonie Morza Barentsa i Karskiego, jest, statystycznie rzecz biorąc, bardziej stabilna. Perturbacje koncentracji lodu w rejonie Morza Barentsa i Karskiego to najprawdopodobniej drugi po Oscylacji Północnoatlantyckiej najważniejszy, a w ostatnim kilkunastolecu być może nawet najbardziej istotny czynnik kształtujący zimowe anomalie temperatury powietrza w Eurazji.

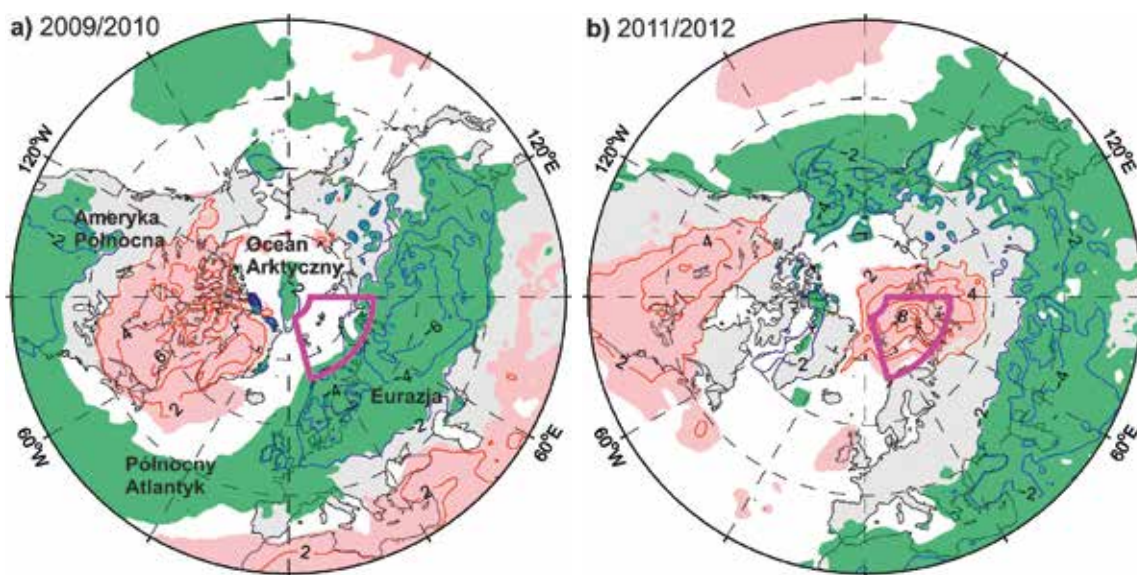
Ciepło Atlantyku

Związki przyczynowo-skutkowe pomiędzy szybko zmieniającym się klimatem Arktyki a klimatem strefy umiarkowanej półkuli północnej są słabo poznane ze względu na duży stopień ich skomplikowania i niepowtarzalność poszczególnych zdarzeń. Zrozumienie tych relacji to jedno z wielkich wyzwań dla współczesnej nauki. Powinno ono ułatwić podejmowanie stra-

tegicznych decyzji w kwestii adaptacji społeczeństw do skutków zmian klimatu. Badania, które prowadzą od kilku lat w Instytucie Oceanologii PAN, są próbą częściowego sprostania temu wyzwaniu. Ich celem jest udokumentowanie i wyjaśnienie roli oceanu w sprzężeniach zwrotnych systemu klimatycznego Arktyki i ich związku z klimatem średnich szerokości geograficznych. Dotychczasowe wyniki oparte były na analizie statystycznej i interpretacji fizycznej obserwacyjnych danych oceanicznych z różnych źródeł i tzw. reanaliz atmosferycznych (kompilacji danych obserwacyjnych z modelem cyrkulacji atmosferycznej) z NCEP/NCAR (ang. *National Centers for Environmental Prediction/National Center for Atmospheric Research*) z okresu 1982–2006.

W wyniku dotychczasowych badań wskazano, że:

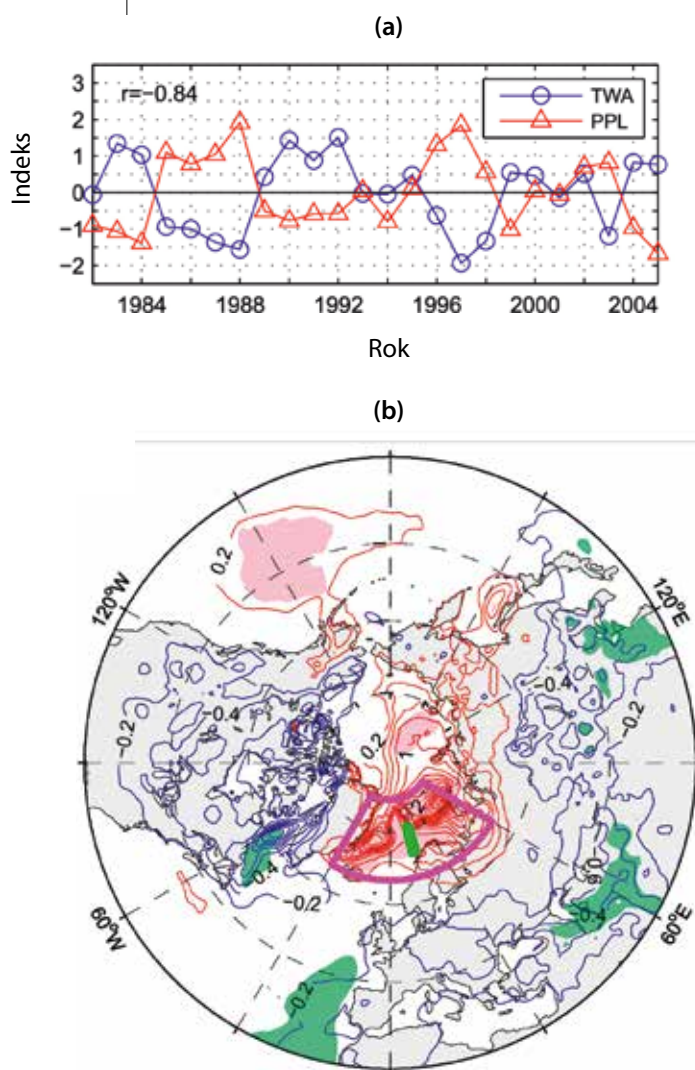
- około 70% wariacji całkowitego pokrycia lodem mórz nordyckich (tj. akwenu składającego się z Morza Grenlandzkiego, Islandzkiego, Norweskiego i Barentsa) w sezonie zimowym można statystycznie wyjaśnić anomalią temperatury wody atlantyckiej obserwowanymi na wejściu do Morza Barentsa podczas poprzedniego lata;
- anomalie ciepła w morzach nordyckich wpływają nie tylko na lód morski, lecz także na lokalne



Pokazane anomalie to odchylenia temperatury od jej lokalnego trendu w erze obserwacji satelitarnych (1979–2016). Zimą 2009/2010 dodatnie anomalie temperatury na Grenlandii i we wschodniej Kanadzie lokalnie przekraczały 5°C (Rys. 1a). Towarzystwo im ujemne anomalie temperatury o podobnych wartościach bezwzględnych na rozległych obszarach Eurazji oraz o nieco niższych wartościach bezwzględnych w Stanach Zjednoczonych. Rozkład taki jest charakterystyczny dla ujemnej fazy tzw. Oscylacji Północnoatlantyckiej związanej ze zmiennością intensywności Niżu Islandzkiego i Wyżu Azorskiego. Indeks (wskaźnik intensywności i znaku) tej oscylacji był rzeczywiście skrajnie ujemny zimą 2009/2010. Zimą 2011/2012

rozkład anomalnych temperatur był nieco inny (Rys. 1b). W Arktyce zamiast „cieplej plamy” na Grenlandii i we wschodniej Kanadzie pojawiła się „ciepła plama” z anomalią temperatury dochodzącymi do 10°C w rejonie Morza Barentsa i Karskiego (sektor obramowany purpurową linią na rysunkach 1a i 1b). W Ameryce Północnej dominowały dodatnie anomalie, natomiast „zimna plama” w Eurazji wystąpiła na niższych szerokościach geograficznych (maksymalne anomalie na ok. 45°N) niż zimą 2009/2010 (maksymalne anomalie na ok. 60°N). Dane temperatury powietrza pochodzą ze zbioru ERA-Interim z European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (<http://www.ecmwf.int/en/research/climate-reanalysis/era-interim>).

Rozkład anomalii powierzchniowej temperatury powietrza w pozatropikalnej strefie półkuli północnej zimą (a) 2009/2010 i (b) 2011/2012 roku. Anomalię w danym punkcie zdefiniowano jako różnicę od grudnia do marca odchylenia lokalnej temperatury w danym roku od wartości jej liniowego trendu w erze obserwacji satelitarnych (1979–2016). Czerwone i niebieskie kontury reprezentują anomalie, odpowiednio, dodatnie i ujemne. Kontury wykreślono co 2°C. Kontur zerowy opuszczono. Różowe i seledynowe cieniowanie oznacza, odpowiednio, dodatnie i ujemne anomalie o wartości bezwzględnej przekraczającej jedno odchylenie standardowe lokalnych anomalii w okresie 1979–2016. Kolorem purpurowym obramowano sektor Morza Barentsa i Karskiego.



Rys. (a)
 Indeks temperatury wody atlantyckiej (TWA) uśrednionej w warstwie 100–300 m na wejściu do Morza Barentsa (obszar zaznaczony zielonym prostokątem w (b)) w sezonie letnim (czerwiec–wrzesień) w okresie 1982–2005 (niebieskie kółka) i indeks powierzchni pokrytej lodem (PPL) w rejonie mórz nordyckich (sektor obramowany purpurową linią w (b)) podczas następnego zimy (czerwone trójkąty). Oba indeksy reprezentują znormalizowane (podzielone przez swoje odchylenie standardowe) anomalie względem liniowego trendu.
 Źródło: National Snow and Ice Data Center, Boulder, Colorado, USA: <http://www.nsidc.org/data/NSIDC-0051>.

Rys. (b)
 Współczynnik regresji anomalii średniej zimowej (grudzień–marzec) powierzchniowej temperatury powietrza w pozatropikalnej strefie półkuli północnej w okresie 1982/1983–2005/2006 z indeksem TWA w poprzednim sezonie letnim (niebieskie kółka w (a)). Czerwone i niebieskie kontury reprezentują anomalie, odpowiednio, dodatnie i ujemne. Kontury wykreślono co 0,2°C na jednostkę TWA. Kontur zerowy opuszczono. Różowe i seledynowe cieniowanie oznacza, odpowiednio, dodatnie i ujemne anomalie istotne statystycznie na poziomie 95%.

Dane temperatury powietrza pochodzą z European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (<http://www.ecmwf.int/en/research/climate-reanalysis/era-interim>).

warunki atmosferyczne w rejonie tych mórz, i to zarówno w przywodnej warstwie atmosfery, jak i w górnych warstwach troposfery;

- letnie anomalie temperatury wody atlantyckiej na wejściu do Morza Barentsa są także statystycznie istotnymi prekursorami zimowych zmian cyrkulacji troposferycznej i, przede wszystkim, aktywności systemów pogodowych w Eurazji. Przykładowo anomalie temperatury wody atlantyckiej wyjaśniają aż 60% wariacji południkowego transportu ciepła przez wiry synoptyczne w dolnej warstwie troposfery nad zachodnią Eurazją w strefie między 45° a 60°N. Należy podkreślić tutaj, że zmiany cyrkulacji atmosferycznej w okresie 1982–2006 związane z anomalią temperatury wody atlantyckiej na wejściu do Morza Barentsa nie były skorelowane z równoczesnymi zmianami spowodowanymi Oscylacją Północnoatlantycką. Zwiększa to możliwość przewidywania zmienności klimatycznej atmosfery w sezonie zimowym na podstawie wcześniejszych anomalii oceanicznych. Potencjał ten zostanie lepiej rozpoznany w ramach projektu EURAKLIM.

Jak odpowie atmosfera?

EURAKLIM rozszerzy dotychczasowe badania poprzez analizę dłuższych serii czasowych (od 1979 roku do dzisiaj), komplementarnych predyktorów oceanicznych (zarówno z mórz nordyckich, jak i innych rejonów), alternatywnych danych atmosferycznych (wyższej rozdzielczości reanaliz), dodatkowych zmiennych atmosferycznych (np. opadów) oraz szerszego spektrum potencjalnie istotnych procesów fizycznych (np. fal planetarnych). Być może okaże się, iż na przykład spektakularny dipol „ciepła Arktyka/zimna Eurazja” obserwowany zimą 2011/2012 był wynikiem wpływu oceanu na atmosferę. Dipol ten rzeczywiście przypomina rozkład anomalii temperatury powietrza w regionie arktyczno-eurazjatyckim związany z indeksem temperatury wody atlantyckiej. Jeśli związki między obserwowaną latem temperaturą wody morskiej w morzach nordyckich a warunkami klimatycznymi w Eurazji podczas następnego zimy okażą się stabilne w czasie albo jeśli jeszcze lepsze oceaniczne predyktory tych warunków zostaną odkryte przez EURAKLIM, można będzie przypuszczać, że włączenie indeksu temperatury wody atlantyckiej na wejściu do Morza Barentsa lub jego ekwiwalentu do statystycznych systemów przewidywania zimowej zmienności klimatycznej podniesie skuteczność prognoz. Dodatkowo uzyskane wyniki te mogą posłużyć do weryfikacji rozwijanych obecnie globalnych (wyjątkowo złożonych dynamicznych systemów predykcji) modeli klimatycznych i przyczynić się do lepszego poznania dynamizmu naszej planety.

PAWEŁ SCHLICHTHOLZ

Chcesz wiedzieć więcej?

Cohen J., Screen J.A., Furtado J.C., Barlow M., Whittleston D., Coumou D., Francis J., Dethloff K., Entekhabi D., Overland J., Jones J. Recent Arctic amplification and extreme mid-latitude weather. *Nature Geosci.*, 7:627–637, 2014.

Mori M., Watanabe M., Shioyama H., Inoue J., Kimoto M. Robust Arctic sea-ice influence on the frequent Eurasian cold winters in past decades. *Nature Geosci.*, 7:869–873, 2014.

Schlichtholz P. Empirical relationships between summertime oceanic heat anomalies in the Nordic seas and large-scale atmospheric circulation in the following winter. *Clim. Dyn.*, 47 (5): 1735–1753, 2016.