

Vliv 11-letého slunečního cyklu na Arktickou oscilaci

Radan Huth^{1,*}, Josef Bochníček², Pavel Hejda²

¹ Ústav fyziky atmosféry AV ČR, Praha

² Geofyzikální ústav AV ČR, Praha

* email: huth@ufa.cas.cz

1. Úvod

V odborné literatuře se objevují další a další studie, prokazující vliv 11-letého slunečního cyklu na zemskou troposféru. Jejich shrnutí lze najít např. v práci Bochníček a Hejda (2005). V loňském roce jsme na úpíckém semináři prezentovali práci, v níž jsme ukázali vliv sluneční aktivity na módy nízkofrekvenční proměnlivosti v hladině 500 hPa (Huth a kol., 2005). Tato studie je jejím rozšířením na Arktickou oscilaci.

Přestože je koncept Arktické oscilace (AO) sporný a není jasné, zda je AO vůbec fyzikálně reálná (např. Ambaum a kol., 2001; Watanabe, 2004; Huth, 2006), představuje užitečný nástroj k popisu nízkofrekvenční proměnlivosti atmosférické cirkulace v planetárním měřítku. AO je definována jako první hlavní složka (tj. první proměnná získaná metodou analýzy hlavních složek, PCA) pole přízemního tlaku severní polokoule (Thompson a Wallace, 1998).

2. Data a metody

Celá analýza je provedena pro měsíční průměrné hodnoty v prodloužené zimní sezóně (prosinec až březen). Zkoumáme období od prosince 1949 do ledna 2000.

Sluneční aktivita je charakterizována radiovým tokem 10,7 cm (F10.7). Jednotlivé měsíce byly zařazeny do překrývajících se intervalů podle percentilů F10.7. Zvolili jsme šířku intervalů 20%; výsledky pro 30% široké intervaly se nijak významně neodlišují. To znamená, že interval odpovídající nejslabší sluneční aktivitě obsahuje měsíce pod 20%-ním percentilem, další obsahuje měsíce mezi 2% a 22%-ním percentilem, atd. až po interval odpovídající nejvyšší sluneční aktivitě s měsíci nad 80%-ním percentilem. Dohromady je tak vytvořeno 41 intervalů.

Arktickou oscilaci počítáme dvěma způsoby. 1. AO je spočítána z úplných dat, tj. ze všech měsíců v období XII/1949 až I/2000. 2. AO je spočítána v každém percentilovém intervalu zvlášť. V dalším textu se na tyto dvě varianty výpočtu odkazujeme jako na “úplnou” a “percentilovou” AO. Pro výpočet AO jsme použili datový soubor popsáný Trenberthem a Paolinem (1980), jenž má šířkové a délkové rozlišení 5°. Analýza hlavních složek je počítána z kovarianční matice anomálií přízemního tlaku (tj. odchylek od dlouhodobého průměru pro každý měsíc,

vážených odmocninou z kosinu zeměpisné šířky. Analýza pokrývá oblast severně od 20° s.š. (včetně).

Všechny analýzy v naší studii produkují AO s polaritou opačnou vůči její běžné definici. Rozhodli jsme se zachovat tento rys, přestože to může být poněkud matoucí. Uvažujeme dva aspekty amplitudy AO (tj. jejího skóre v terminologii užívané v PCA): (i) polarita, charakterizovaná střední hodnotou a (ii) aktivita, popsána rozptylem. Hovoříme pak o záporné / kladné polaritě AO, odpovídající zesílenému / zeslabenému zonálnímu proudění, zvláště nad euro-atlantickou oblastí, resp. o více / méně aktivní AO, je-li její amplituda více / méně proměnlivá.

3. Výsledky

Úplná AO je zobrazena ve formě korelací jejího skóre s polem přízemního tlaku (tj. ve formě normalizovaných zátěží) na obr. 1. Její prostorová struktura plně odpovídá práci Thompsona a Wallace (1998), kde byla AO poprvé definována: sestává ze tří center, z nichž jedno je lokalizováno nad Arktidou a dvě další s opačnou polaritou nad severním Atlantikem v oblasti Azorské tlakové výše a nad severním Pacifikem v oblasti Aleutské níže. “Úplná” AO vysvětluje 18,4% celkového rozptylu přízemního tlaku. Korelace amplitudy AO se sluneční aktivitou je jen -0,12, což je statisticky neodlišitelné od nuly. To je v souladu s dřívějšími výsledky (Ruzmaikin a Feynman, 2002). Průměr a směrodatná odchylka AO se však mezi jednotlivými intervaly sluneční aktivity mění. Na obr. 2, kde jsou průměr a směrodatná odchylka zobrazeny pomocí “+” a “x”, je zřejmá tendence k nižším (záporným) intenzitám AO (tj. silnějšímu cirkumpolárnímu víru) a její větší proměnlivosti za vysoké sluneční aktivity. Nejvyšší amplitudy AO, spojené s nejslabším polárním vírem, nastávají pro nízkou sluneční aktivitu; zajímavé však je, že ne pro její úplné minimum. Rozdíl mezi nejnižší a nejvyšší průměrnou hodnotou pro jednotlivé intervaly je statisticky významný na hladině 95%. Přechod z nižší do vyšší aktivity (tj. proměnlivosti) AO nastává přibližně mezi 50% a 60%-ním kvantilem; tato změna je však statisticky nevýznamná.

Procento rozptylu vysvětleného intervalovou AO je v obr. 2 vyznačeno kroužky. Možná nejzajímavější je skutečnost, že pro dva percentilové intervaly poblíž průměrné sluneční aktivity (40-60% a 46-66%) přestává být AO první (nejdůležitější) hlavní složkou (tj. složkou vysvětlující největší část rozptylu): pro tyto dva intervaly je AO až druhým módem v pořadí, jenž je předstížen módem podobajícím se Pacificko-severoamerickému módu. Intenzita intervalové AO, vyjádřená pomocí procent vysvětleného rozptylu, vykazuje jen malé změny mezi slunečním minimem a průměrnou sluneční aktivitou; poté prudce roste a největší intenzity dosahuje pro sluneční maximum (přes 27% vysvětleného rozptylu v intervalu 80-100%).

Podobnost intervalových AO s “úplnou” AO se zmenšuje, pohybujeme-li se od extrémů sluneční aktivity k jejím průměrným hodnotám. To ukazují korelace mezi “úplnou” AO a intervalovými AO (sloupečky v obr.2), jež jsou nižší uprostřed

grafu než na jeho okrajích. Navíc se pro průměrnou sluneční aktivitu stírají rozdíly mezi AO a dalšími módy definovanými v jednotlivých intervalech, což je vidět na jejich korelacích s "úplnou" AO: rozdíly mezi korelacemi v několika percentilových intervalech klesají pod 0,2.

Mapy intervalových AO pro intervaly s odstupem 10% jsou zobrazeny na obr. 3. Jasně ukazují, že sluneční aktivita ovlivňuje i prostorovou strukturu AO. Největší vliv vidíme u pacifického centra: zatímco za nízké a vysoké sluneční aktivity je dobře vyjádřeno, za průměrné aktivity se zmenšuje a slábne, až pro interval 50%-70% téměř zaniká. Zmizení pacifického centra vede k tomu, že za průměrné sluneční aktivity AO úplně ztrácí svůj prstencový charakter. Tento efekt je podobný jako pro vliv El Niña – Jižní oscilace (ENSO) na AO, kdy za studené fáze ENSO (La Niña) je pacifické centrum AO plně vyvinuto, zatímco za teplé fáze ENSO (El Niño) mizí (Quadrelli a Wallace, 2002). To, spolu s prokázaným slunečním vlivem na ENSO (Tiwari a Rao, 2004), poukazuje na možné vzájemné propojení vlivů sluneční aktivity na AO a ENSO.

4. Závěry

Arktická oscilace je silnější (tj. má více zonální strukturu) a aktivnější (tj. proměnlivější v čase) za vysoké sluneční aktivity. Odpověď polarity a intenzity AO na sluneční aktivitu však je poměrně složitá a rozhodně ne lineární. Pro průměrné hodnoty sluneční aktivity se stírá prstencový charakter AO, neboť mizí její pacifické centrum.

Naše výsledky jsou v souladu s výsledky dalších studií jednak v tom, že ukazují na zvýšenou zonalitu troposférického proudění za vysoké sluneční aktivity (Bochníček a Hejda 2002, 2005; Kodera, 2003; Ogi a kol., 2004; Huth a kol. 2005, 2006), jednak v tom, že největší změny mezi nízkou a vysokou sluneční aktivitou se odehrávají v severním Pacifiku (Barnston a Livezey, 1989; Thejll, 2001).

Nelinearita odpovědi AO na změny sluneční aktivity, a zejména skutečnost, že průměrná sluneční aktivita má na AO zcela specifický vliv, připomínají nutnost hledat podrobnější metodiku analýz vlivu sluneční aktivity na klima, než jen lineární nebo kompozitní analýzu. Taková metodika by se neměla spoléhat jen na extrémní sluneční aktivity, jak je dosud běžné v naprosté většině studií tohoto druhu, ale měla by rovněž vzít odpovídajícím způsobem do úvahy ne-extrémní sluneční aktivitu, a zejména její hodnoty poblíž průměru.

Poděkování

Tato práce byla podpořena Grantovou agenturou Akademie věd ČR, projekt A3042401.

Literatura

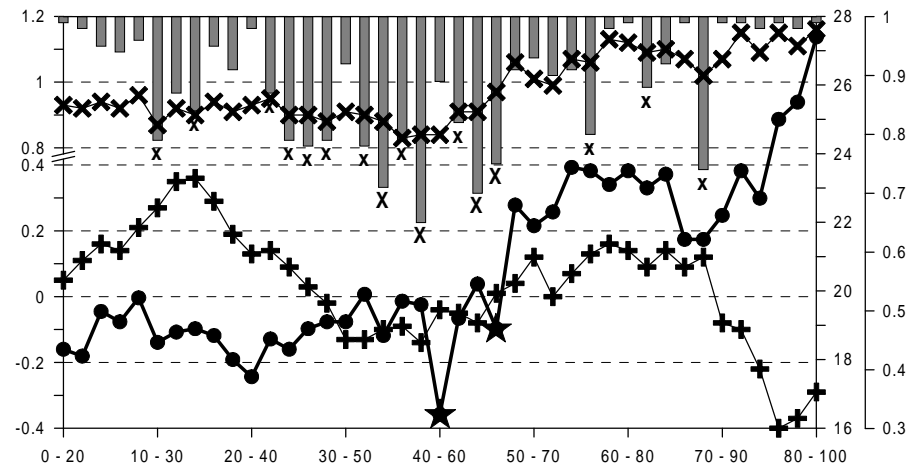
- Ambaum, M.H.P., Hoskins, B.J., Stephenson, D.B., 2001: Arctic Oscillation or North Atlantic Oscillation? *J. Climate*, **14**, 3495-3507.
- Barnston, A.G., Livezey, R.E., 1989: A closer look at the effect of the 11-year solar cycle and the quasi-biennial oscillation on Northern Hemisphere 700 mb height and extratropical North American surface temperature. *J. Climate*, **2**, 1295-1313.
- Bochníček, J., Hejda, P., 2002: Association between extraterrestrial phenomena and weather changes in the Northern Hemisphere in winter. *Surv. Geophys.*, **23**, 303-333.
- Bochníček, J., Hejda, P., 2005: The winter NAO pattern changes in association with solar and geomagnetic activity. *J. Atmos. Sol.-Terr. Phys.*, **67**, 17-32.
- Huth, R., 2006: Pacific center of the Arctic Oscillation: product of high local variability rather than teleconnectivity. *Tellus*, **58A**, 601-604.
- Huth, R., Pokorná, L., Bochníček, J., Hejda, P., 2005: Vliv sluneční aktivity na módy proměnlivosti atmosférické cirkulace. In: *Člověk ve svém pozemském a kosmickém prostředí*, Hvězdárna v Úpici, Úpice, 98-105.
- Huth, R., Pokorná, L., Bochníček, J., Hejda, P., 2006: Solar cycle effects on modes of low-frequency circulation variability. *J. Geophys. Res.* (v tisku)
- Kodera, K., 2003: Solar influence on the spatial structure of the NAO during the winter 1900-1999. *Geophys. Res. Lett.*, **30**, 1175, doi: 10.1029/2002GL016584.
- Ogi, M., Yamazaki, K., Tachibana, Y., 2004: The summertime annular mode in the Northern Hemisphere and its linkage to the winter mode. *J. Geophys. Res.*, **109**, D20114, doi: 10.1029/2004JD004514.
- Quadrelli, R., Wallace, J.M., 2002: Dependence of the structure of the Northern Hemisphere annular mode on the polarity of ENSO. *Geophys. Res. Lett.*, **29**, 2132, doi: 10.1029/2002GL015807.
- Ruzmaikin, A., Feynman, J., 2002: Solar influence on a major mode of atmospheric variability. *J. Geophys. Res.*, **107** (D14), ACL7, doi: 10.1029/2001JD001239.
- Thejll, P.A., 2001: Decadal power in land air temperatures: Is it statistically significant? *J. Geophys. Res.*, **106**, 31693-31702.
- Thompson, D.W.J., Wallace, J.M., 1998: The Arctic Oscillation signature in the wintertime geopotential height and temperature fields. *Geophys. Res. Lett.*, **25**, 1297-1300.
- Tiwari, R.K., Rao, K.N.N., 2004: Signature of ENSO signals in the coral growth rate record of Arabian Sea and Indian monsoons. *Pure Appl. Geophys.*, **161**, 413-427.

Trenberth, K.E., Paolino, D.A. jr., 1980: The Northern Hemisphere sea-level pressure data set: Trends, errors and discontinuities. *Mon. Wea. Rev.*, **108**, 855-872.

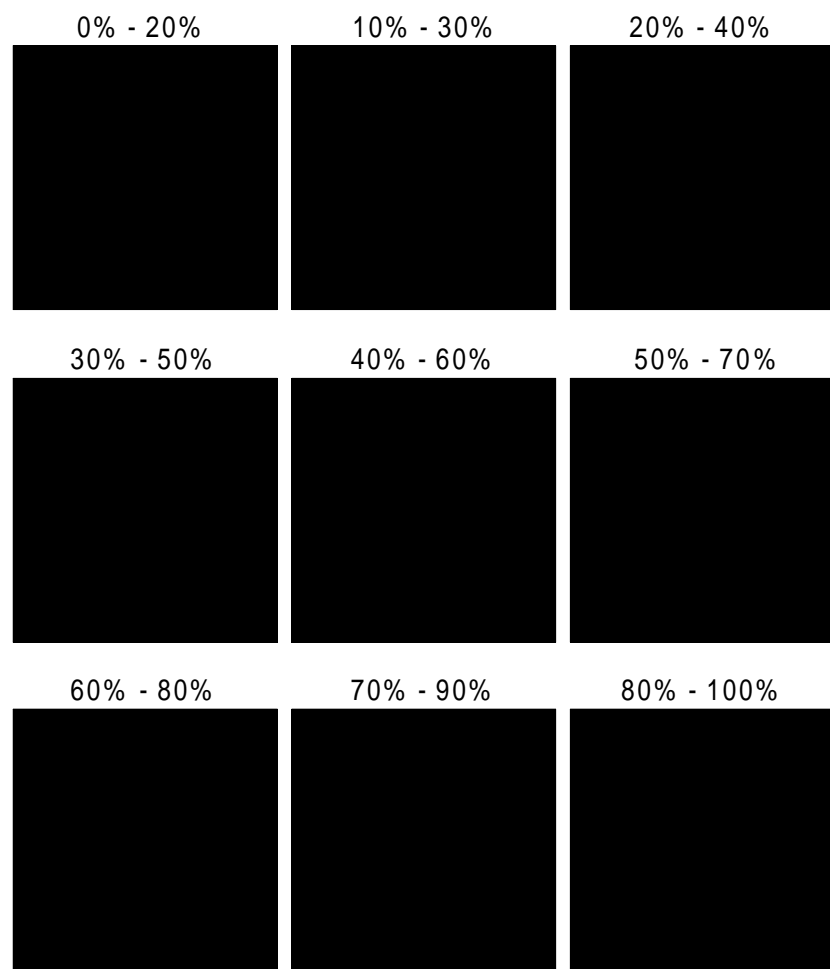
Watanabe, M., 2004: Asian jet waveguide and a downstream extension of the North Atlantic Oscillation. *J. Climate*, **17**, 4674-4691.



Obr. 1. Normalizované zátěže pro "úplnou" AO. Interval izochar je 0,2, záporné hodnoty vyznačeny čárkovaně, nulová izočára je vynechána.



Obr. 2. Charakteristiky AO v percentilových intervalech podle sluneční aktivity. Levá osa a vodorovné čárkované čáry: průměr (+) a směrodatná odchylka (x) "úplné" AO. Vnitřní osa vpravo, kroužky: procenta rozptylu vysvětleného intervalovou AO; percentily, kde je AO až druhým módem v pořadí, jsou vyznačeny hvězdou. Vnější osa vpravo, sloupce: korelace mezi "úplnou" AO a intervalovou AO; malé (velké) X připojené k sloupci indikuje rozdíl korelací "úplné" AO s intervalovou AO a s dalším módem pro daný interval menší než 0,5 (0,2).



Obr. 3. Normalizované zátěže pro intervalovou AO s odstupem mezi intervaly 10%. Interval je vyznačen nahoře nad každou mapkou. Jinak viz obr. 1.