

Vztah mezi Solar Proton Events a poklesy troposférického tlaku na severní hemisféře v měsících říjen – březen.

Josef Bochníček¹, Hana Davídkovová¹, Pavel Hejda¹ a Radan Huth²

¹Geofyzikální ústav AV ČR, v.v.i., Boční II/ 1401, 141 31 Praha 4

²Ústav fyziky atmosféry AV ČR, v.v.i., Boční II/ 1401, 141 31 Praha 4

Veretenko a Thejll (JASTP, 2004) vyšetřovali vztah mezi vzestupem toku slunečních protonů vysokých energií a změnou troposférického tlaku a teploty v chladných obdobích (říjen-březen) let 1980-1989 na severní hemisféře. Zjistili, že zvýšení tohoto toku bývá, a to se zpožděním 1-3 dny, spojeno s poklesem tlaku v oblasti mezi Grónskem a Islandem. Předložená práce pokračuje ve zkoumání těchto vztahů v intervalu let 1990-2003. Získané výsledky vykazují dobrou shodu s jevem popsáním v práci Veretenko a Thejll.

Association between Solar Proton Events and pressure decreases in the cold periods of the northern troposphere.

Veretenko and Thejll's (JASTP, 2004) study of the relation between the increase of solar energetic proton flux and the changes in the northern troposphere pressure and temperature during cold periods (October-March) of years 1980-1989 has shown that increased SEP flux used to be associated, with delay 1-3 days, with the pressure decrease in the region between Greenland and Iceland. Our contribution extended the studies over years 1990-2003. The results obtained are in good agreement with the phenomenon described by Veretenko and Thejll.

Úvod

Počasí na severní hemisféře je v chladných obdobích roku ovlivňováno extratropickými cyklony, vznikajícími nad severním Atlantikem a severním Pacifikem. Odpověď na otázku, zda sluneční aktivita a jí přidružené jevy mohou vznik a chování těchto cyklon ovlivnit, zajímala proto vědce (zabývající se problematikou „Slunce-počasí“) již od počátku 60. let minulého století. MacDonald a Roberts (1960) stejně tak jako později Roberts a Olson (1973) ukázali, že pokud brázdám nízkého tlaku, vyskytnuvším se v zimním severním Pacifiku na hladině 300 hPa, předcházela zvýšená geomagnetická nebo aurorální aktivita, měly tyto brázdny tendenci se se ještě více prohloubit. Schuurmans a Oort (1969) se zabývali změnami tlaku na 500 hPa po silných slunečních erupcích. Zjistili, že zatímco v polárních a subpolárních šířkách převládá po takovýchto erupcích pokles tlaku (většinou nad oceány), v nízkých šířkách převládá naopak vzestup tlaku. Wilcox et al. (1974) zavedli tzv. index vorticity, kterým pak charakterizovali brázdny nízkého tlaku. Ukázali, že 1 den pro interakci okraje sektoru meziplanetárního magnetického pole se zemskou magnetosférou, index vorticity dosahoval svého minima. Olson et al. (1975) zaznamenali spojitost mezi vzestupem indexu vorticity na hladině 500 hPa a sluneční erupcí. Byla-li však tato erupce zdrojem geomagnetických poruch, následoval po krátkodobém vzestupu indexu jeho výrazný pokles. Tinsley et al. (1989) a Tinsley a Dean (1991) našli spojitost mezi Forbushovým jevem (poklesem toku galaktických kosmických paprsků) a poklesem indexu vorticity v šířkovém pásu 40°-65°N, zaznamenaným především nad oceány. Fyzikální mechanismus vlivu sluneční aktivity na počasí však zůstává nejasný. Předpokládá se, že podstatná část slunečního působení na dolní atmosféru by mohla být zprostředkovávána nabitými částicemi slunečního nebo galaktického původu, jakými jsou protony s energiemi od 100 MeV do několika GeV. Tyto částice jsou schopny penetrovat do výšek odpovídající stratosféře/horní troposféře, přičemž četnost a mohutnost takovýchto vpádů částic vysokých energií úzce souvisí se sluneční aktivitou (viz např. Tinsley a Dean, 1991 a odkazy na literaturu v této práci). Zdrojem slunečních částic vysokých energií bývají sluneční erupce, tok galaktických kosmických paprsků pak závisí na intenzitě magnetického pole slunečního větru.

Veretenko a Thejll (2004) vyšetřovali vztah mezi vzestupem toku slunečních protonů s energiemi většími než 90 MeV (solar proton events – SPE) a změnou troposférického tlaku a teploty v chladných obdobích (říjen-březen) let 1980-1989 v severním Atlantiku, tedy v oblasti, kde cyklony nejen často vznikají, ale prodělávají i největší změny ve svém rozvoji. Zjistili, že zvýšení takového toku bývá, a to se zpožděním 1-3 dny, spojeno s poklesem tlaku v oblasti mezi Grónskem a Islandem. Předložená práce si klade za cíl ověřit, zda vztahy Veretenko-Thejll jsou persistentní a platí tedy i v námi vyšetřovaném intervalu chladných období let 1990-2003.

Data a metoda jejich zpracování

Byly analyzovány změny atmosférického tlaku, ke kterým došlo v souvislosti s SPE jevy ($E > 60$ MeV) vyskytnuvšími se v chladných polovinách (říjen-březen) roku, v intervalu let 1990-2003. Jednalo se o těchto 26 případů: **1990** (3. únor, 19. březen), **1991** (26. leden, 23. březen, 30. říjen) **1992** (7. únor, 8. březen 31. říjen),

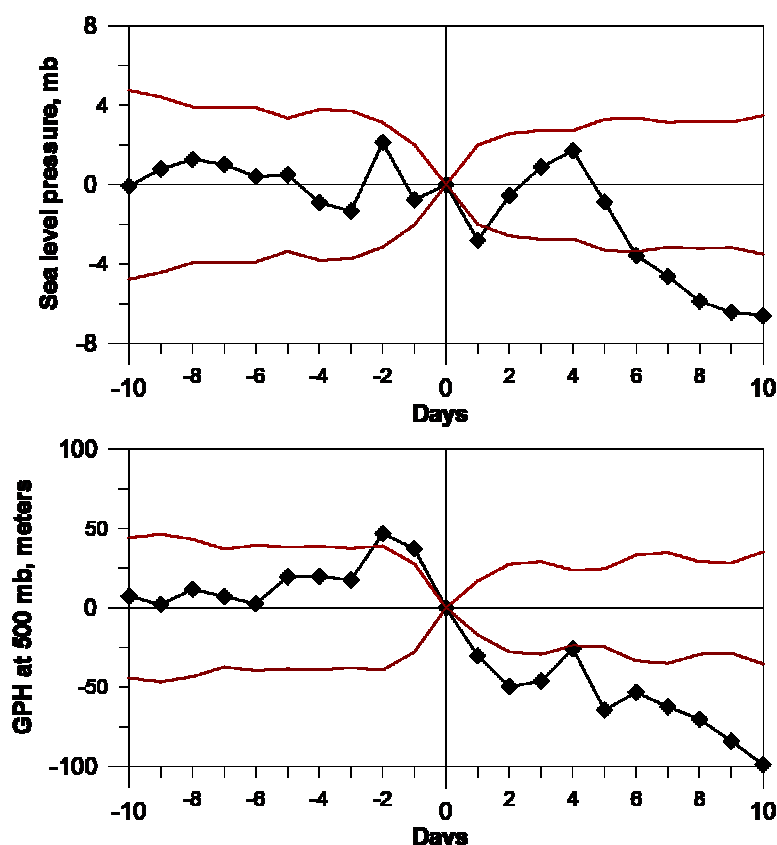
1993 (4. březen, 12. březen), 1994 (21. únor, 20 říjen), 1995 (20. říjen), 1997 (4. listopad), 1998 (14. listopad), 2000 (18. únor, 21. říjen, 9. listopad, 24. listopad), 2001 (28. leden, 22. říjen, 4. listopad, 23. listopad, 26. prosinec), 2003 (26. říjen, 2. listopad).

Tlaková data byla převzata z reanalýzy NCAR – Boulder, soubor daily grids ds195.0, data týkající se SPE jevů byl převzat z internetové adresy <http://www.swpc.noaa.gov/ftpdir/indices/SPE.txt>.

Změny atmosférického tlaku byly analyzovány ve stejném zeměpisném bodě, jako tomu bylo v práci Veretenko a Thejll (2004), tedy v bodě nacházejícím se na jihovýchodním pobřeží Grónska a majícím souřadnice 38° W, 65° N. Změny atmosférického tlaku byly vyšetřovány metodou překládání epoch. Jako nulový den byl zvolen den, ve kterém jev SPE započal. Rozdíly atmosférického tlaku mezi nulovým dnem a dny ostatními byly vypočítávány pro 10 dnů předcházejících nulovému dni a 10 dnů následujících po nulovém dni. Ve všech 26 případech byly spolu se středními hodnotami rozdílů vypočteny i jejich standardní odchylky.

Výsledky a diskuse

Výsledky analýzy změn atmosférického tlaku na úrovni moře a na 500 hPa jsou ukázány na obr. 1.



Obr. 1. Variace geopotenciální výšky a atmosférického tlaku na úrovni moře na jihovýchodním pobřeží Grónska (38° W, 65° N). Den počátku SPE byl zvolen jako nulový den. Černá křivka označuje střední hodnoty odchylek od nulového dne. Červená křivka označuje 80% chybovou úsečku.

I když je z obr. 1 zřejmé, že poklesy tlaku na hladině 500 hPa, které nastaly 1. a 6.-8. den po počátku SPE jsou statisticky významné, nejsou námi předložené výsledky vztahující se k analýze změn tlaku na úrovni moře tak přesvědčivé, jako tomu bylo v práci Veretenko a Thejll (2004). Vysvětlení tohoto rozdílu je třeba hledat v tom, že námi použitá data týkající se změn atmosférického tlaku byla data zhlazená v procesu interpolace mezi jednotlivými uzly sítě, zatímco Veretenko a Thejll použili data naměřená na meteorologické stanici nacházející se přímo v bodě 38° W, 65° N.

Vliv SPE na pokles tlaku se nicméně stane zřejmějším, porovnáme-li spolu navzájem průběh středních hodnot odchylek, které byly zaznamenány před nulovým dnem a po nulovém dni.

Závěr

Výsledky této studie ukazují na zřetelné změny v dolní atmosféře vysokých šířek odehrávající se v úzké korelaci s vpádem slunečních protonů vysokých energií.

Poměrně dobrá shoda s výsledky práce Veretenko a Thejll (2004) ukazuje na statistickou persistenci jimi popsaného jevu.

Poděkování

Tato práce byla podpořena grantem IAA300420805 Grantové agentury Akademie věd České republiky

Literatura

MacDonald, N.J., and Roberts, W.O., 1960. Further evidence of a solar corpuscular influence on a large-scale circulation at 300 mb. *Journal of Geophysical Research* 65, 529-534.

Olson, R.H., Roberts, W.O., and Zeferos, C.S., 1975. Short term relationship between solar flares, geomagnetic storms and tropospheric vorticity patterns. *Nature* 257, 113-115.

Roberts, W.O., and Olson, R.H., 1973. Geomagnetic storms and winter time 300-mb trough development in the North Pacific-North America Area. *Journal of the Atmospheric Sciences* 30, 135-140.

Schuurmans, C.J.E., and Oort, A.H., 1969. A statistical study of pressure changes in the troposphere and lower stratosphere after strong solar flares. *Pure and Applied Geophysics* 75, 233-246.

Tinsley, B.A., Brown, G.M., and Scherrer, P.H., 1989. Solar variability influences on weather and climate: possible connection through cosmic ray fluxes and storm intensification. *Journal of Geophysical Research* 94, 14783-14792.

Tinsley, B.A., and Dean, G.W., 1991. Apparent tropospheric response to MeV-GeV particle flux variations: a connection via electrofreezing of supercooled water in high-level clouds? *Journal of Geophysical Research* 96, 22283-22296.

Veretenko, S., and Thejll, P., 2004. Effects of energetic solar proton events on the cyclone development in the North Atlantic. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics* 66, 393-405.

Wilcox, J.M., Scherrer, P.H., Svalgaard, L., Roberts, W.O., Olson, R.H., and Jenne, R.L., 1974. Influence of solar magnetic sector structure on terrestrial atmospheric vorticity. *Journal of the Atmospheric Science* 31, 581-588.