

# K PROBLEMATIKE KOZMICKÉHO POČASIA

## ON THE SPACE WEATHER TOPIC

Prigancová, A., Bieleková, M.

### Abstract

The important topic of space weather has become recently one of the dominant aspects of investigations in the field of solar-terrestrial physics. The up-to-date results, obtained on the basis of both satellite and ground-based observations, reveal that the chain of processes in the complex Sun-Earth system, describing the term space weather, influences directly the physical parameters of the environment. This is a reason for providing the general information to the bioclimatological community, stressing the essence of the space weather term, and for pointing out the plausible connection between space weather evolution and climate changes as well as various manifestations of space weather effects in the man's life and his activities. In addition to that, the paper discusses the issue of space weather forecasting and stresses its social benefit.

### Úvod

Bioklimatologické pracovné dni (BPD) sú vyhľadávaným vedeckým a odborným stretnutím na interdisciplinárnom základe. Svojím zameraním BPD upriamujú pozornosť na problematiku životného prostredia v širších súvislostiach. Zodpovedá to duchu doby, kedy do popredia vystupujú účinky globálnych zmien v komplexnom systéme heliosféra-geosféra-biosféra. Pri-búdajúce poznatky opierajúce sa o kozmický výskum poukazujú, že dôsledné štúdium dynamiky parametrov životného prostredia predpokladá hlbšiu znalosť premenných procesov na Slnku a ich prejavov v medziplanetárnom a okolozemskom priestore. V ostatnom desaťročí sa v odborných kruhoch ujal nový pojem, ktorý sa postupne dostáva aj do povedomia širšej verejnosti. Ide o kozmické počasie.

## **Kozmické počasie ako súčasť kvality životného prostredia**

Kvalitu životného prostredia, ktoré je stále vo väčšej miere ovplyvňované antropogénnymi vplyvmi, determinujú predovšetkým prírodné podmienky. Najznámejšou časovo premennou zložkou týchto podmienok sú meteorologické parametre prostredia. Sú sledované na systematickom základe viac ako dve storočia. Najviac upútava našu pozornosť extrémna meteorologická situácia, t.j. vznik búrok, povodní, sucha, tornádo atď.

Extrémne prírodné podmienky v životnom prostredí sú tiež charakterizované aj inými úkazmi, ktorých pôvod nadväzuje na premennú slnečnú činnosť. Ide napr. o magnetické búrky, polárne žiare atď. Tieto úkazy sú prejavom meniaceho sa kozmického počasia. Preto ak hovoríme o kozmickom počasi, máme na mysli rôzne prejavy pôsobenia zdrojov slnečnej aktivity (SA) v atmosfére Slnka, zvlášť v slnečnej koróne (White, 1977) a následné zmeny v medziplanetárnom a okolozemskom prostredí (Kamide and Slavin, 1986). Inými slovami, prostredníctvom pojmu *kozmičné počasie* špecifikujeme podmienky v komplexnom systéme Slnko-medziplanetárny priestor-Zem.

Dôležitosť štúdia kozmického počasia a zákonitostí jeho tvorby vyplýva z jeho dopadov na Zem a na vyspelú civilizáciu planéty. Nie menej závažný je aj aspekt možného vplyvu kozmického počasia na globálne zmeny v životnom prostredí, zvlášť čo sa týka klimatických zmien (Prigancová et al., 1998).

### **Atribúty kozmického počasia**

Medzi hlavné atribúty kozmického počasia zaraďujeme viac či menej známe zdroje premennej slnečnej činnosti

- sporadické zdroje: slnečné erupcie, koronálne ejekcie CME (Coronal Mass Ejections), miznúce filamenty
- rekurentné zdroje, a to koronálne diery CH (Coronal Holes).

Okrem toho, že ovplyvňujú dynamiku elektromagnetického žiarenia Slnka, zabezpečujú prísun vysokorýchlostných prúdov slnečnej plazmy do heliosféry, oblasti pôsobenia slnečného vetra. Pri ich šírení vznikajú medziplanetárne nárazové vlny (Obr. 1) a ďalšie plazmové štruktúry, napr. magnetické oblaky charakterizované výraznou južne orientovanou zložkou medziplanetárneho magnetického poľa (MMP). Bezprostredné družicové merania umožnili štúdium meniacich sa parametrov slnečného vetra z hľadiska ich geoeфекtívnosti.

Ukazuje sa, že procesy interakcie sú veľmi zložité a ich vývoj súvisí nielen so zdrojmi porúch, ale aj s podmienkami ich šírenia a s priebežným stavom magnetosféry a ionosféry. Pre pochopenie týchto súvislostí dôležitú úlohu zohrávajú početné kozmické experimenty. Z najnovších spomenieme:

- Interplanetary Monitoring Platform (IMP-8)
- International Sun-Earth Explorer (ISEE)
- Solar and Heliospheric Observer (SOHO)
- High Energy Solar Spectroscopic Imager (HESSI)
- Ulysses
- Yohkoh,

ktoré monitorujú viaceré úkazy slnečnej činnosti, parametre slnečného vetra a dynamické procesy v medziplanetárnom priestore.

Pre monitoring procesov v okolozemskom priestore vrátane dynamiky plazmy v rôznych oblastiach magnetosféry sa realizujú viaceré družicové experimenty v rámci projektov:

- Solar Anomalous and Magnetospheric Particle Explorer (SAMPEX)
- Active Magnetospheric Particle Tracer Explorer (AMPTE)
- Advanced Composition Explorer (ACE)
- Combined Release and Radiation Effects Satellite (CRRES)
- Fast Auroral Snapshot Explorer (FAST)
- Freja Magnetic Field Experiment
- Thermosphere-Ionosphere-Mesosphere Energetics and Dynamics (TIMED)
- Upper Atmosphere Research Satellite (UARS)
- CLUSTER
- GEOTAIL
- POLAR.

Nestrácajú na význame ani pozemské pozorovania tak slnečnej činnosti (slnečné škvrny, erupcie, protuberancie, emisná aktivita koróny) ako aj porušenosti geomagnetického poľa.

Ilustráciou reťazca procesov vystihujúcich pojem *kozmicke počasie* je Obr. 2, kde nachádzame priebeh zmien röntgenového žiarenia Slnka, zmien toku vysokoenergetických častíc pri zvýšenej koronálnej aktivite (podľa údajov z družice GOES-7), vznik magnetickej búrky v magnetosfére a Forbushov pokles v kozmickom žiarení. Uvedené úkazy sú reakciou na slnečnú búrku, t.j. proces náhleho zintenzívnenia sporadickej aktivity Slnka.

## Predpoveď kozmického počasia

Vzhľadom na to, že nie každá slnečná búrka vyvoláva magnetickú búrku, otázka predpovede kozmického počasia nie je jednoduchá. Pre základnú informáciu z dlhodobého hľadiska sa vychádza z najzaužívanejšieho indexu SA – relatívneho čísla slnečných škvŕn (Wolfovo číslo W). Maximum terajšieho 23. cyklu SA sa očakáva na prahu nového milénia. Na Obr. 3 je vidieť, že po kulminácii SA, kedy pravdepodobnosť výskytu extrémnej sporadickej aktivity je najvyššia, dôjde už začiatkom roku 2002 k poklesu SA až do minima (2005–2006), kedy dominujú rekurentné zdroje porúch.

Na druhej strane sa ukazuje, že W je len orientačným parametrom pre odhad porušenosti magnetosféry (Bieleková, 1998; Prigancová a Bieleková, 2000). Skutočne, ak porovnáваме odozvu magnetosféry v pokojných Q a porušených D dňoch (Tab. 1), kedy kontrast geomagnetickej aktivity  $ApD/ApQ$  je maximálny (~ 8–9), je hodnota  $WD/WQ$  neočakávane stabilná (~ 1) v rámci celého skúmaného obdobia (1965–1996). Z Tab. 1 je vidieť, že medzi geoefektívne parametre slnečného vetra patrí V (T, úmerné V, vykazuje však najväčší kontrast) a B.

**Tab. 1** Pomer hodnôt Ap indexu, parametrov slnečného vetra (V, B, n, T) a W pre D a Q dni v rámci ostatných troch cyklov SA.

Parametre Cykly SA	ApD/ApQ	VD/VQ	BD/BQ	nD/nQ	TD/TQ	WD/WQ
20 (1965–1976)	9.18	1.41	1.76	1.17	3.10	0.99
21 (1977–1986)	8.06	1.39	1.66	1.19	3.11	1.06
22 (1987–1996)	8.24	1.43	1.60	1.09	3.93	1.01

Adekvátne riešenie otázky predpovede kozmického počasia sa zaraďuje medzi najdôležitejšie úlohy výskumu fyziky vzťahov Slnko-Zem a predpokladá aplikáciu matematického modelovania a nelineárnej analýzy. Využívajú sa teoretické prístupy modelovania odozvy magnetosféry na vstupný poruchový impulz zo Slnka ako aj empirické štúdie na základe rozsiahlych dátových báz získaných pri kozmických experimentoch a pozemských meraniach. Potreba predpovede je spojená s tým, že kozmické počasia vplýva na kvalitu nášho života a našej práce v technologicky vyspelej spoločnosti. Stačí spomenúť, že v dôsledku extrémneho kozmického počasia sa vyskytujú viaceré poruchy v technologických,

ale aj v biologických systémoch. Tieto súvislosti sú v súčasnosti predmetom detailnejších výskumov.

## **Záver**

Komplexná problematika kozmického počasia je aktuálna z interdisciplinárneho hľadiska. Jej riešenie prispieva k hlbšiemu pochopeniu fyziky slnečno-zemských vzťahov a následne k úspešnej predpovedi kozmického počasia. Včasné varovanie pred sprievodnými efektmi extrémneho kozmického počasia je nezastupiteľné v každodennom živote technicky vyspelej spoločnosti, zvlášť pre komunikačné a navigačné účely, pre ochranu vysokonapäťových sietí, plynovodov, pre bezpečnosť človeka v kozme atď. V súlade s najnovšími poznatkami aj pochopenie klimatických zmien predpokladá dôsledné štúdium ich súvislostí s evolúciou kozmického počasia. Inými slovami, viaceré aspekty kozmického počasia sú významné z bioklimatologického hľadiska.

## **Súhrn**

Problematika kozmického počasia sa v ostatných rokoch zaraďuje medzi dominantné smery výskumu v oblasti fyziky vzťahov Slnko-Zem. Najnovšie poznatky získané pomocou družicových a pozemských pozorovaní ukazujú, že reťazec procesov v komplexnom systéme Slnko-Zem, ktorým sa vystihuje pojem kozmického počasia, má bezprostredný vplyv na fyzikálne parametre životného prostredia. Preto aj pre odborníkov z oblasti bioklimatológie je opodstatnené priblížiť obsahovú podstatu pojmu kozmické počasia, poukázať jednak na možnú súvislosť jeho evolúcie s klimatickými zmenami, jednak na jeho prejavy vplývajúce na život a činnosť človeka. V príspevku sa tiež diskutuje otázka predpovede kozmického počasia a jej dôležitosť pre spoločenskú prax.

**Kľúčové slová:** slnečná aktivita, magnetická búrka, kozmické počasia

## **Literatúra**

Bieleková M., 1998: On diversity of the relationship between solar wind and magnetospheric activity parameters: Q and D days. *Contr. Geophys. Geod.*, 28, 269.

Kamide Y. - Slavin Y.A. (Eds), 1986: Solar Wind-Magnetosphere Coupling. TERRAPUB, Tokyo.

Prigancová A. - Bieleková M., 2000: Porovnanie odozvy magnetosféry pri extrémnej úrovni porušenosti: cykly 20–22. In: Človek ve svém pozemském a kosmickém prostředí. Hvězdárna Úpice, Úpice, s. 45.

Prigancová A. - Hvoždara M. - Bieleková M., 1998: On Sun-climate relations: Hurbanovo data, 1871–1995. Contr. Geophys. Geod., 28, 161.

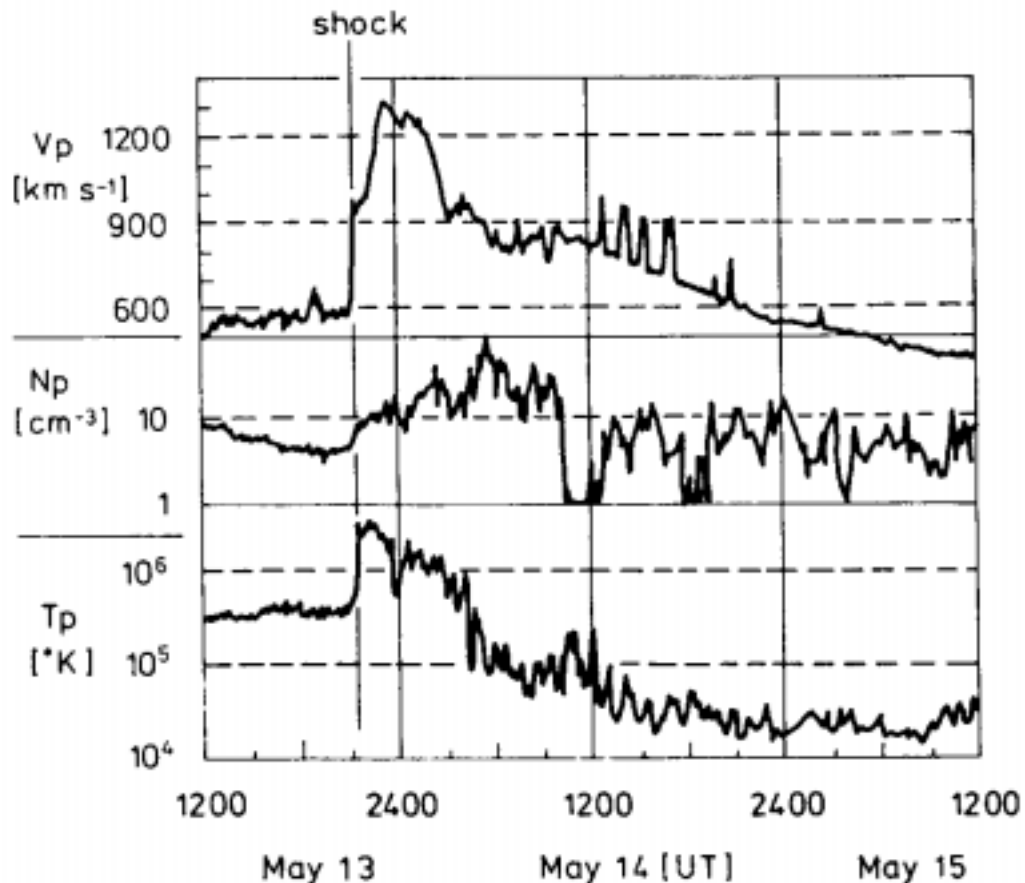
Schwenn R., 1983: Direct correlation between coronal transients and interplanetary disturbances. Space Sci. Rev., 34, 85.

S.E.C. User Notes, 2000, Issue 29. Space Environment Center, Boulder.

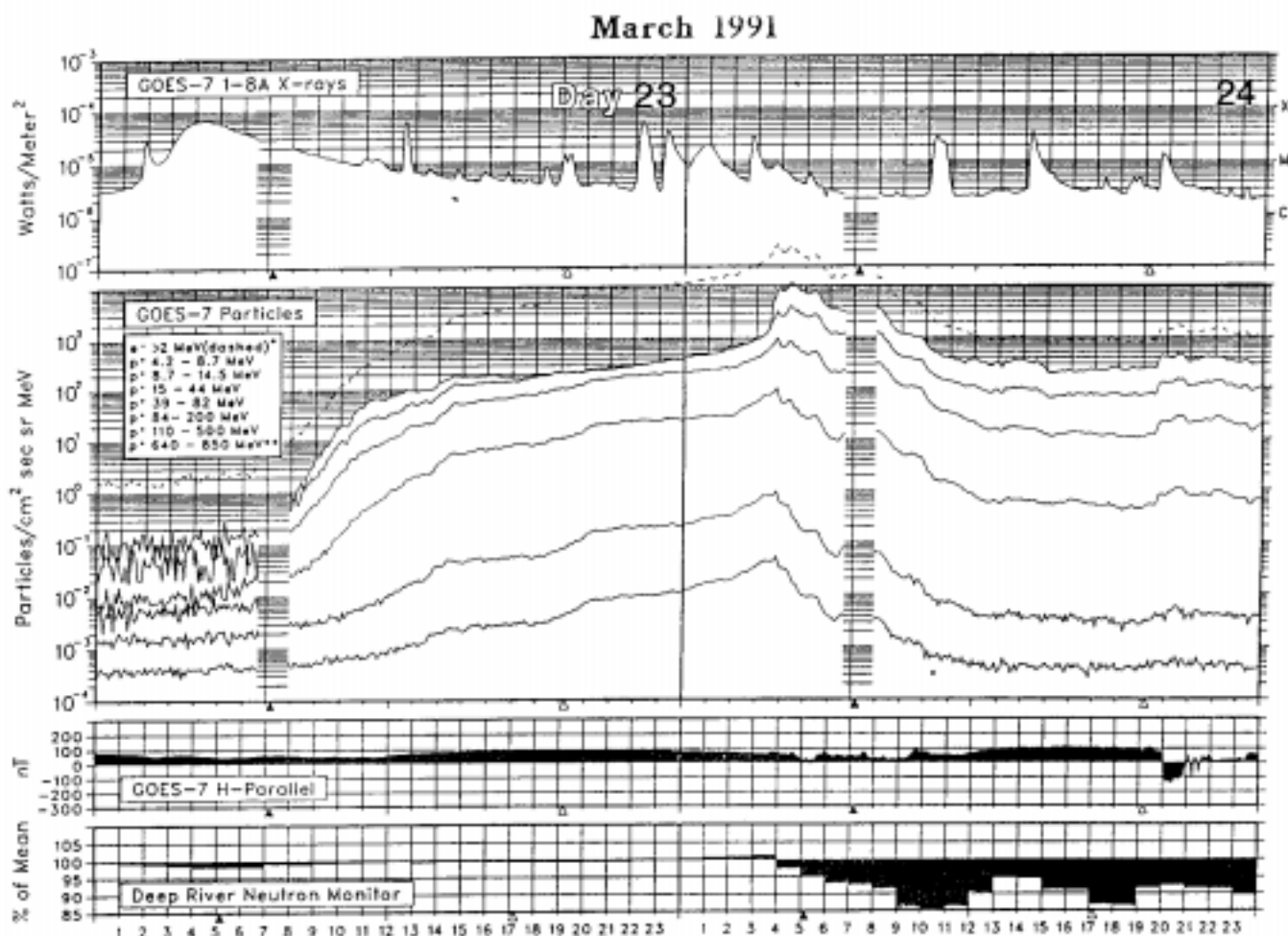
White O.R., 1977: The Solar Output and Its Variation. Colorado Associated University Press, Boulder.

**Pod'akovanie:** Príspevok bol pripravený v rámci grantu 2/6040/00.

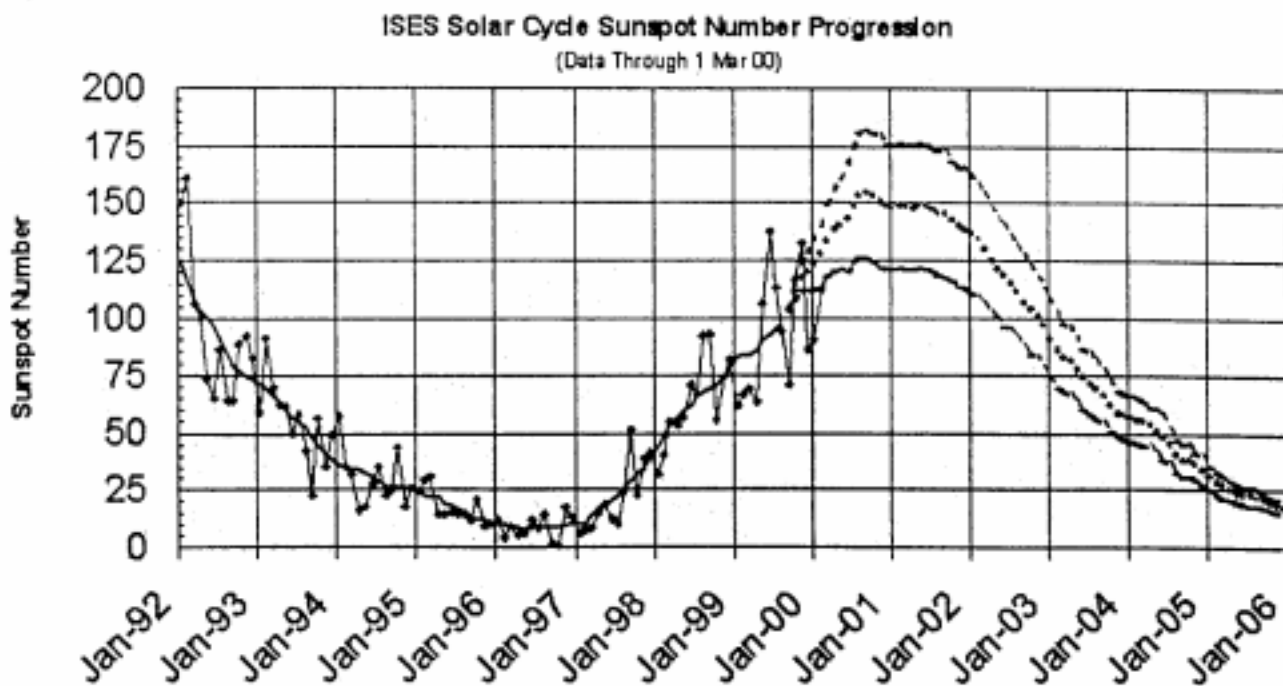
**Obr. 1** Príklad registrácie výraznej medziplanetárnej nárazovej vlny pomocou družice Helios 1. Náhla zmena parametrov slnečného vetra –  $V_p$  (rýchlosti plazmy),  $N_p$  (koncentrácie) a  $T_p$  (teploty) – po intenzívnej erupcii a koronálnej ejekcii CME dňa 13. 5. 1981 (Schwenn, 1983).



**Obr. 2** Ilustrácia extrémneho kozmického počasia, ktoré je dokumentované údajmi: a) z družice GOES: priebeh dlhotrvajúceho zvýšenia intenzity mäkkého röntgenového žiarenia pri náhlom náraste sporadickej aktivity Slnka (panel 1) a zintenzívnenia toku vysokoenergetických častíc (panel 2); b) z pozemských meraní: vznik magnetickej búrky o 20.00 UT 24. 3. 1991 (panel 3) a Forbushov pokles intenzity galaktického kozmického žiarenia (panel 4).



**Obr. 3** Priebeh relatívneho čísla slnečných škvŕn v rokoch 1992–2000 a predpoveď pre roky 2000–2006 (s uvedením hornej a dolnej hranice predpovedaných hodnôt) ukazuje, že 23. cyklus SA sa svojou mohutnosťou vyrovná predchádzajúcim dvom cyklom (S.E.C. User Notes, 2000).



Kontaktná adresa: Geofyzikálny ústav SAV

842 28 Bratislava

e-mail: [geofpria@savba.sk](mailto:geofpria@savba.sk)